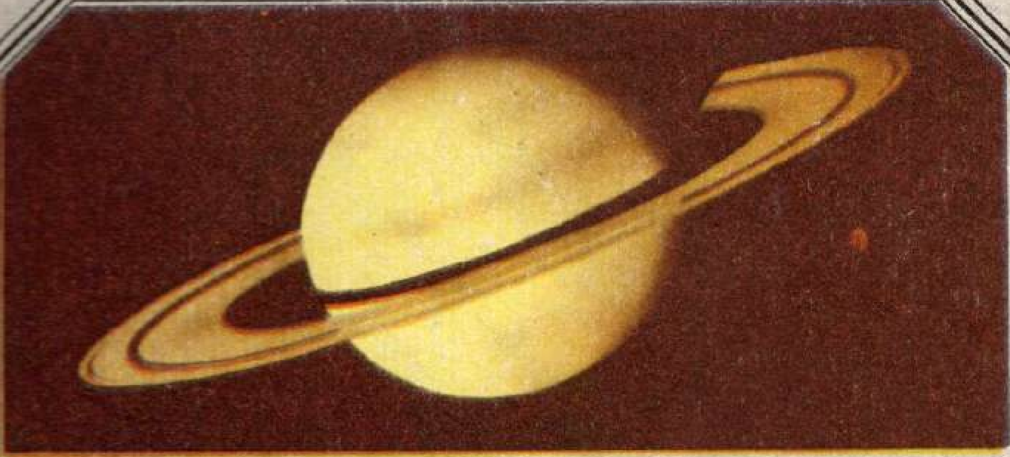
Б. А. Воронцов–Вельяминов

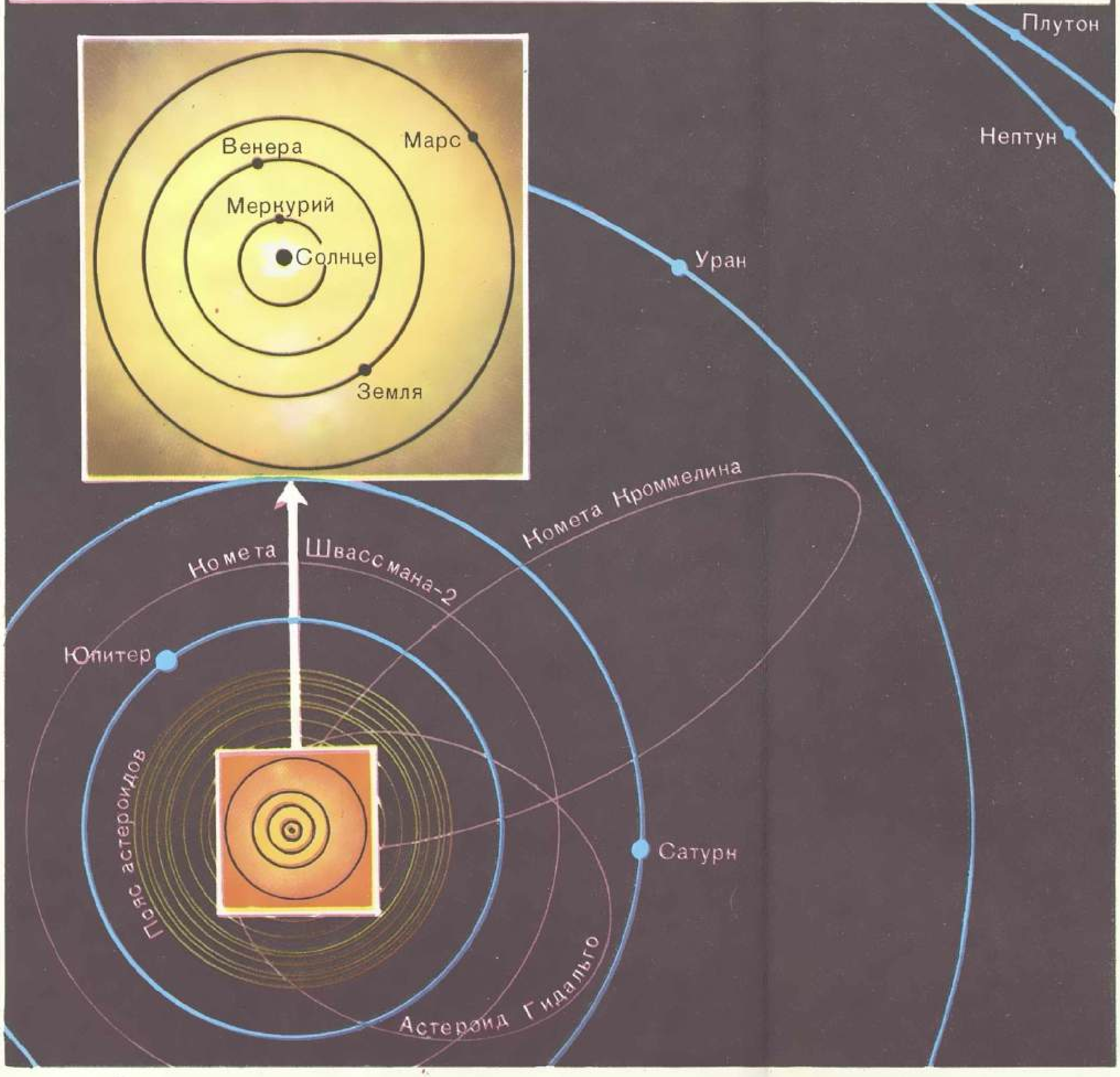
АСТРОНОМИЯ

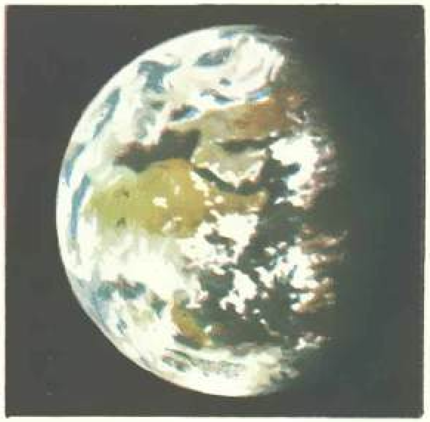


11

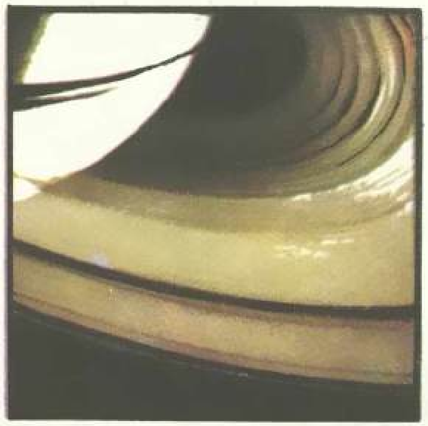
Б. А. ВОРОНЦОВ ВЕЛЬЯМИНОВ • АСТРОНОМИЯ •
11

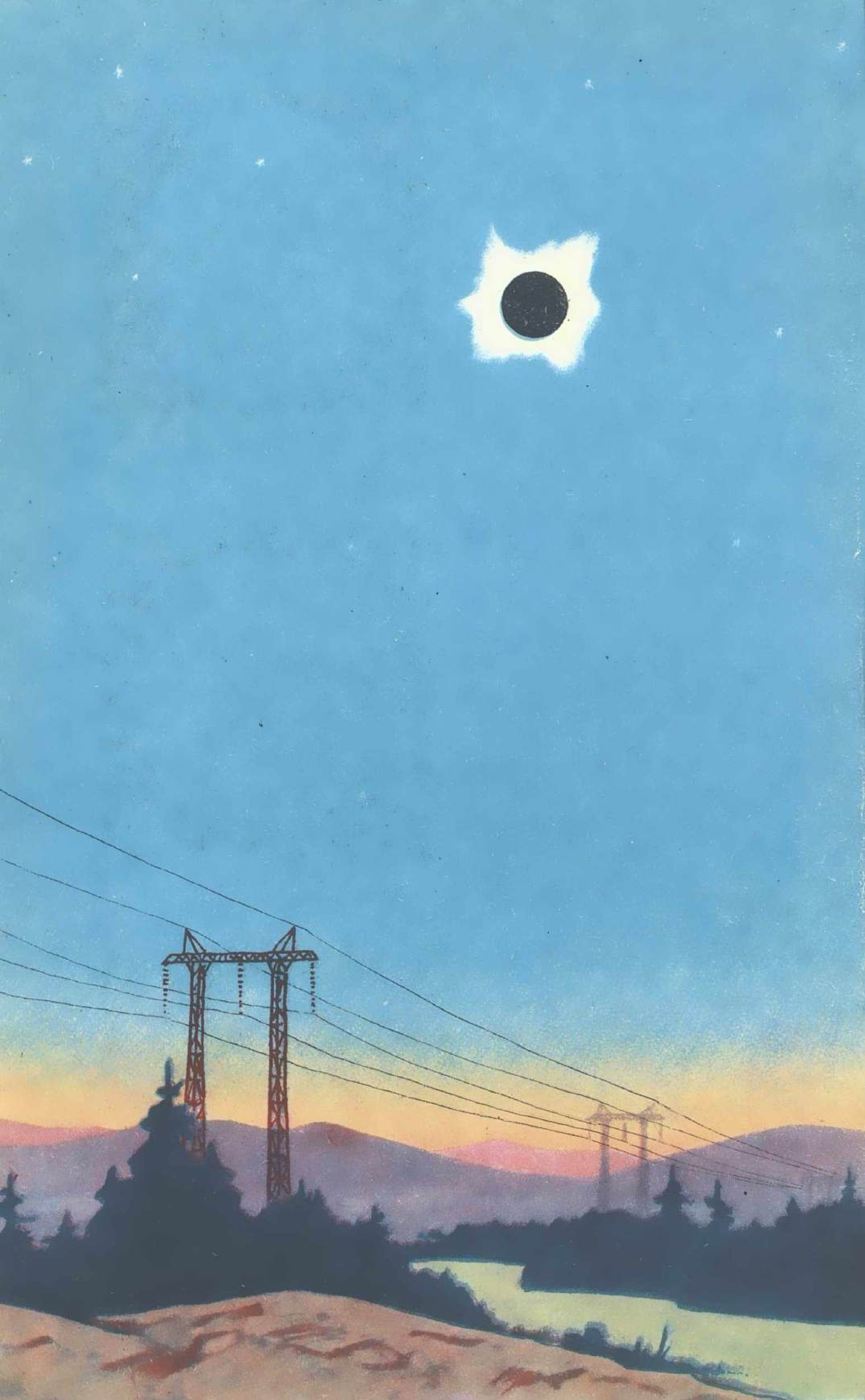
СОСТАВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ




Земля

Юпитер


Кольца Сатурна



Б. А. Воронцов-Вельяминов

АСТРОНОМИЯ

11 НЧЕ КЛАСС ӨЧЕН
ДӘРЕСЛЕК

СССР Мәгариф министрлыгы тарафыннан расланган

Тәрҗемә
Татарстан ССР Халык мәгарифе министрлыгы тарафыннан расланган

КАЗАН ТАТАРСТАН КИТАП НӘШРИЯТЫ 1992

ББК 22.6я72
В73

Воронцов-Вельяминов Б. А.

Астрономия: Учеб. для 11 кл. сред. шк. 18-е изд.— М.: Просвещение, 1989.

Воронцов-Вельяминов Б. А.

В73 Астрономия: Урта мәкт. 11 нче кл. өчен дәреслек / Ф. Қ. Сәгъдиева, З. Х. Билалова тәрж.— Казан: Татар. кит. нәшр. 1992.— 192 б.; рәс. белән.
ISBN 5—298—01106—3

В $\frac{4306021300-213}{М132(03)-92}$ — БЗ—58—46—91 ББК 22.6я72

ISBN 5—298—01106—3

© Издательство «Просвещение», 1987
© Татарчага тәрҗемә, үзгәрешләр белән. Татарстан китап нәшрияты, 1988

I. КЕРЕШ

1. АСТРОНОМИЯ ФӘНЕ

1. Астрономия нәрсә өйрәнә. Астрономиянең башка фәннәр белән бәйләнеше, аның әһәмияте. *Астрономия*[1] *— күк җисемнәренең һәм күк җисемнәре системаларының хәрәкәтен, төзелешен, ничек барлыкка килүен һәм үсешен өйрәнә торган фән.* Ул туплаган белемнәр кешелек дөньясының практик ихтыяҗлары өчен кулланыла.

Астрономия — иң борынгы фәннәрнең берсе, ул кешенең практик ихтыяҗлары нигезендә барлыкка килгән һәм алар белән берлектә үскән. Астрономиядән башлангыч мәгълүматлар моннан меңнәрчә ел элек үк инде Вавилонда, Мисырда, Кытайда яшәүчеләргә билгеле булган һәм ул илләрнең халыклары тарафыннан вакытны һәм горизонт якларын билгеләү өчен файдаланылган.

Безнең заманда да астрономия төгәл вакытны һәм географик координаталарны (навигациядә, авиациядә, космонавтикада, геодезиядә, картографиядә) билгеләү өчен кулланыла. Ул космик киңлекләрне өйрәнү һәм тикшерүгә, космонавтиканың үсешенә, планетабызны космостан торып өйрәнүгә ярдәм итә. Ләкин астрономия хәл итә торган мәсьәләләр болар белән генә чикләнми.

Безнең Җир шары Галәмнең бер кисәге булып тора. Ай белән Кояш Җирдә күтәрелешләрне һәм чигенешләрне китереп чыгара. Кояш нурланышы һәм аның үзгәрешләре Җир атмосферасындагы процессларга һәм терек организмнарның эшчәнлегенә йогынты ясый. Башка космик җисемнәрнең дә Җиргә йогынты ясау механизмын астрономия өйрәнә.

Астрономия курсы сезнең мәктәптә физика, математикадан һәм табигать турында алган фәнни белемнәрегезгә йомгак ясый.

---

[1] Бу сүз а с т р о н — йолдыз һәм н о м о с — закон дигән грек сүзләреннән килеп чыккан.

Хәзерге заман астрономиясе математика һәм физика, биология һәм химия, география, геология һәм космонавтика белән тыгыз бәйләнгән. Бу фәннәрнең казанышларыннан файдалану белән бергә, астрономия аларны баета да; алар алдына яңадан-яңа бурычлар куеп, бу фәннәрнең үсешен алга этәрә.

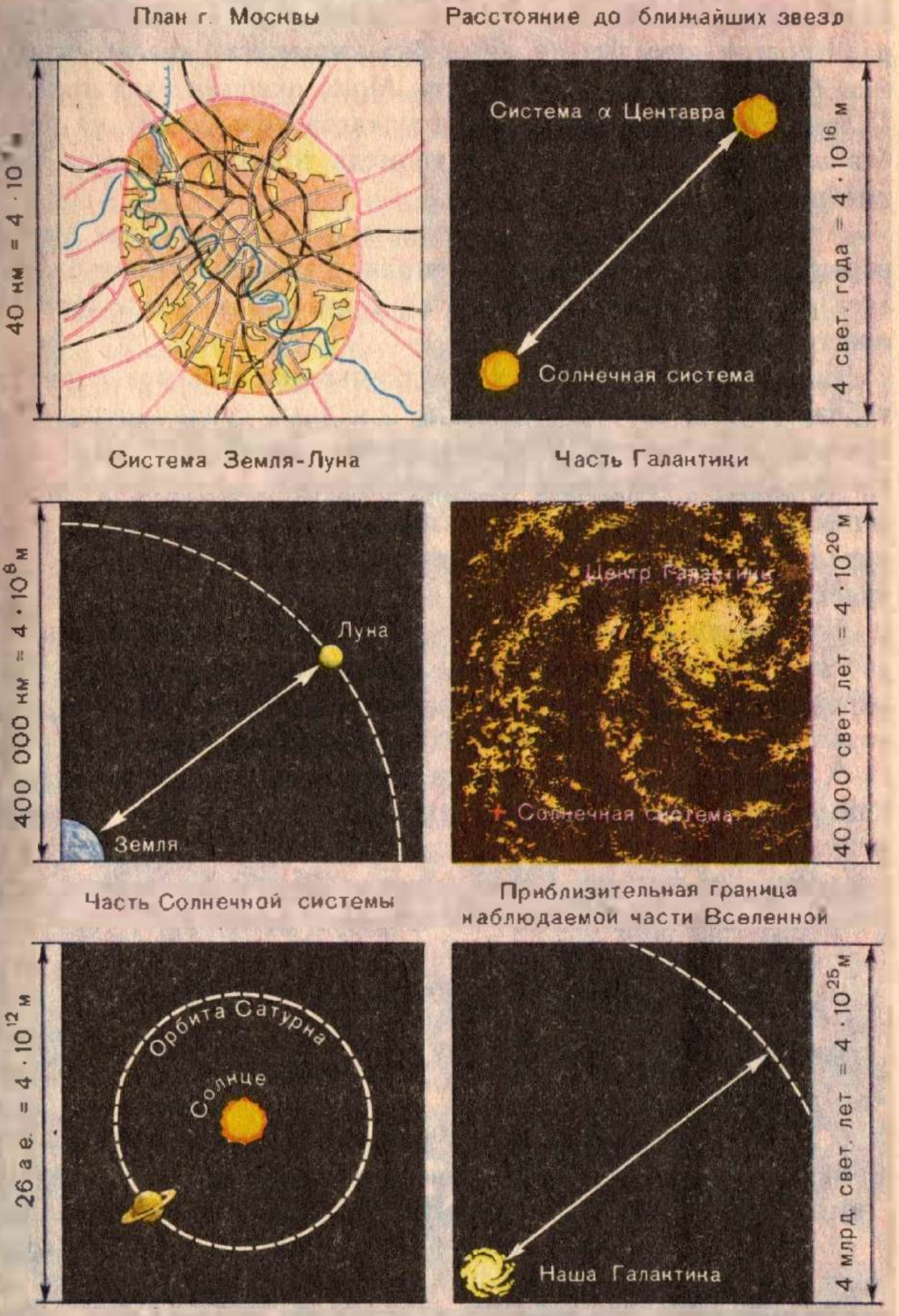
Астрономияне өйрәнгәндә нинди мәгълүматларның — ышанычлы фактлар, нининдиләренең вакыт үтү белән үзгәрү ихтималы булган фәнни фараз гына икәненә игътибар итәргә кирәк.

Астрономия лабораторияләрдә эшләргә мөмкин булмаган халәттәге һәм күләмнәрдәге матдәне космоста өйрәнә, шуның белән дөньяның физик күренешен, материя турында безнең күзаллауларыбызны киңәйтә. Боларның барысы да табигать турындагы диалектик-материалистик күзаллауларны үстерү өчен мөһим.

Кояш һәм Ай тотылу вакытларын, кометаларның кайчан күренәчәген алдан исәпләргә, Җирнең һәм башка күк җисемнәренең барлыкка килүен һәм үзгәрүен табигый-фәнни нигездә аңлатырга мөмкин икәнен күрсәтеп, астрономия кешелекнең танып белүенең чиге булмавын раслый.

Үткән гасырда идеалист философларның берсе кешелекнең танып белү мөмкинлекләре чикле дип исбатларга тырышып, кешеләр кайбер яктырткычларга кадәр ераклыкларны үлчәсәләр дә, йолдызларның химик составын беркайчан да белә алмаячаклар дип раслаган. Ләкин тиздән спектраль анализ ачылган, һәм астрономнар йолдыз атмосфераларының химик составын ачыклап кына калмаган, бәлки аларның температураларын да билгеләгәннәр. Шул рәвешле кешелекнең танып белүе чикләнгән дип күрсәтергә тырышуларның барысы да нигезсез булып чыккан. Мәсәлән, галимнәр Ай өслеге температурасын башта теоретик юл белән билгеләделәр, аннары аны Җирдән торып термоэлемент ярдәмендә һәм радио ысулы белән үлчәделәр, соңрак кеше тарафыннан төзелеп, Айга җибәрелгән автомат станциядәге приборлар бу мәгълүматларның дөреслеген расладылар.

2. Галәмнең масштаблары. Җирнең табигый иярчене Ай безгә иң якын булган күк җисеме икәнен, безнең планетабызның башка зур һәм кечкенә планеталары белән бергә Кояш системасына керүен һәм барлык планеталарның да Кояш тирәсендә әйләнеп йөрүен сез беләсез инде. Үз чиратында Кояш та, күк йөзендә күренгән башка йолдызлар кебек үк, безнең



1. Галәм масштаблары. Беренче биш квадратның ягы үзеннән алдагысыннан 10^4 мәртәбә, ә ахыргы квадратның ягы үзеннән алдагысыннан 10^5 мәртәбә зуррак. Галәмнең күзәтелә торган өлешенең чиге шартлы рәвештә зурлыкның тәртип дәрәҗәсе белән бирелгән.

йолдыз системасы — Галактика составына керә. Галактиканың үлчәмнәре шулкадәр зур: хәтта 300 000 км/с тизлек белән тарала торган яктылык та аның бер кырыеннан икенчесенә йөз мең елдан соң гына барып житә. Моңа охшаган галактикалар Галәмдә бик күп, ләкин алар шулкадәр ерак, гади күз белән без аларның берсен генә — Андромеда томанлыгын гына күрә алабыз.

Аерым галактикалар арасындагы ераклык аларның үлчәмнәреннән уннарча мәртәбә артыграк. Галәмнең масштабларын төгәлрәк күз алдына китерү өчен 1 нче рәсемне игътибар белән тикшерегез.

Йолдызлар Галәмдәге күк җисемнәренең иң күп таралган төрләре булып тора, ә галактика һәм аның тупланышлары Галәмнең төп структур өлешләрен тәшкил итәләр. Галактикадагы йолдызлар, галактикалар арасындагы пространство бик нык сирәкләнгән газ, тузан, элементар кисәкчекләр, электромагнит нурланыш, гравитация һәм магнит кыры кебек материя белән тулган.

Күк җисемнәренең, күк җисемнәре системаларының хәрәкәт законнарын, төзелешен, ничек барлыкка килүен һәм үзгәрүен өйрәнә торган фән буларак астрономия, гомумән, Галәмнең төзелешен һәм үзгәрүен күз алдына китерергә мөмкинлек бирә.

Хәзерге заман астрономиясе карамагында фән һәм техниканың төрле өлкәләрендәге уңышлар нәтиҗәсендә барлыкка килгән телескоп һәм приборлар күп. Андый телескоплар һәм приборлар ярдәмендә Галәм киңлекләренә үтеп керергә, күк җисемнәренең физик табигатен өйрәнергә мөмкин.

2. АСТРОНОМИК КҮЗӘТҮЛӘР һӘМ ТЕЛЕСКОПЛАР

1. **Телескоплар.** Төп астрономик прибор булып **телескоп** хезмәт итә.

Телескоп тикшерелә торган объекттан килгән яктылыкны мөмкин кадәр күбрәк җыю һәм объектны турыдан-туры күзәткәндә күренмә почмакча үлчәмнәрен зурайту өчен кулланыла.

Телескопның төп өлеше **объективтан** тора, ул яктылыкны җыя һәм яктылык чыганагының сурәтен барлыкка китерә.

Телескоп объективы линза яки линзалар системасыннан торса, телескопны — **рефрактор** дип (2 нче рәсем), әгәр

батынкы көзгедән торса — **рефлектор** дип атыйлар (3 нче рәсем).

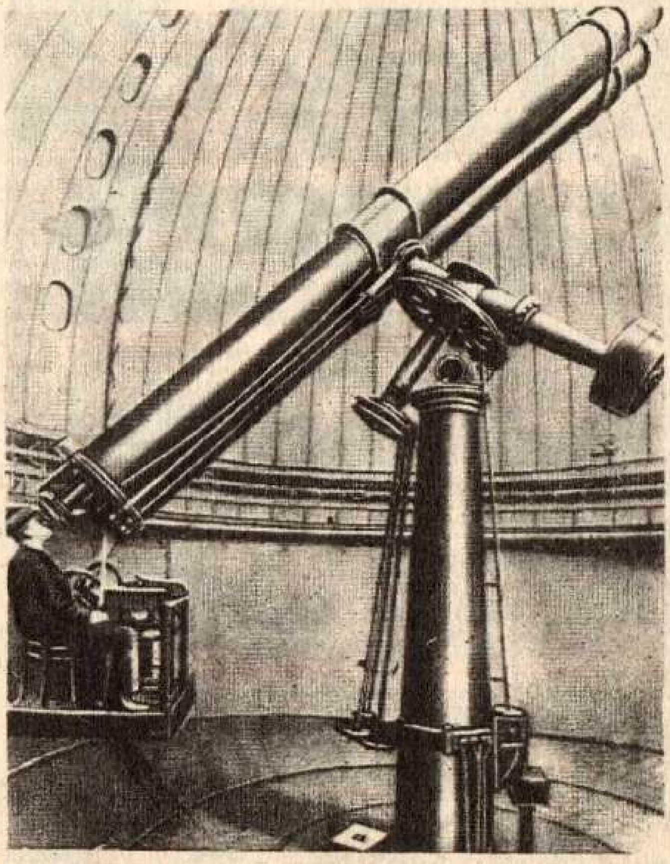
Телескоп җыя торган яктылык энергиясе объектив зурлыгына бәйле. Объектив өслегенең мәйданы никадәр зур булса, телескоп аша шулкадәр аз яктылык чыгара торган объектларны да күрергә була.

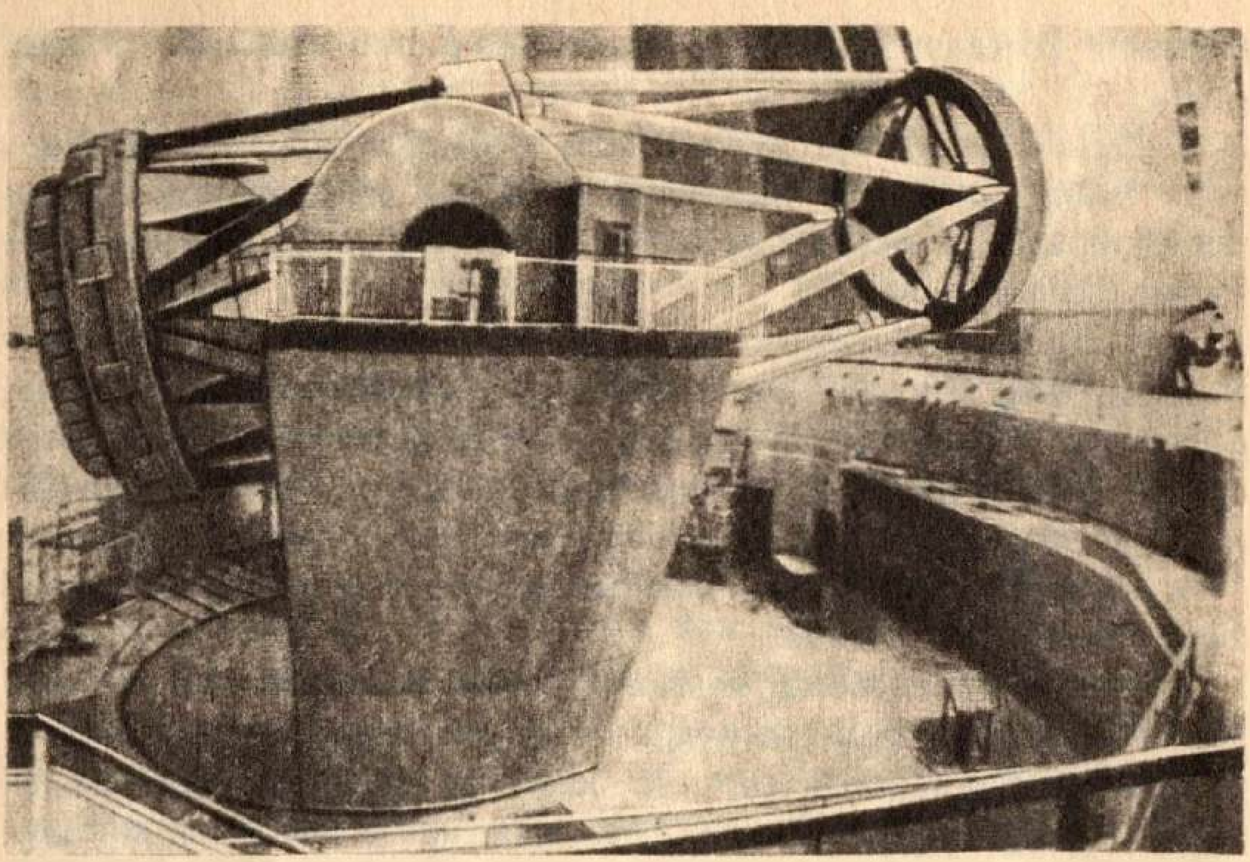
Рефракторда яктылык нурлары объектив аркылы үткәндә сыналар һәм фокус яссылыгында сурәт барлыкка килә (4 нче рәсем, *а*). Рефлекторда нурлар, батынкы көзгедән кайтарылып, шулай ук фокус яссылыгында җыела (4 нче рәсем, *б*). Күктәге объектның объектив барлыкка китергән сурәтен **окуляр** дип аталган линза аркылы карарга да, фоторәсемгә төшереп алырга да мөмкин.

Телескоп объективын ясаганда, объектның сурәтендә барлыкка килә торган бозылуларны мөмкин кадәр бетерергә тырышалар. Гади линза сурәтне боза, сурәтнең кырыйларында төрле төсләр барлыкка килә. Мондый кимчелекләрне киметү өчен, объективны төрле сорт пыяладан эшләнгән һәм өслекләре төрле кәкрелектә булган берничә линзадан ясыйлар. Шулай ук сурәтнең бозылуын киметү өчен, көмешләнгән яки алюминийланган батынкы пыяла көзгене сферик формада түгел, параболик формада эшлиләр.

Совет оптигы Д. Д. Максутов **менисклы система** дип аталган система эшләде. Ул рефрактор белән рефлекторның иң яхшы сыйфатларын берләштерә. Мәктәп телескобы модельләренең берсе шул система буенча төзелгән. Батынкы-кабарынкы юка пыяла — мениск — зур сферик көзгенең бозуын төзәтә. Көзгедән кайтарылган нурлар, менискның эчке өслегендәге көмешләнгән мәйданчыктан да кайтарылып, кыска фокуслы линзага — окулярга юнәләләр (4 нче рәсем, *в*). Башка төрдәге телескоп системалары да бар.

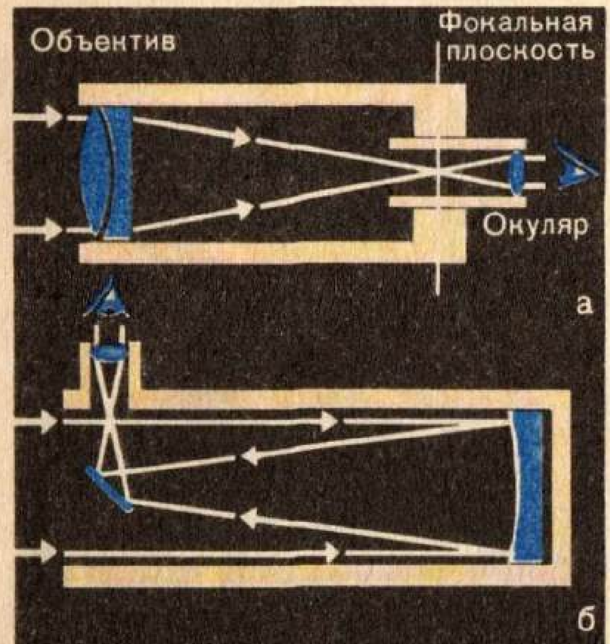
2. Телескоп-рефрактор.





3. Күзгесенең диаметры 6 м булган дөньядагы иң зур телескоп-рефлектор (СССР).

4. Телескопларда нурлар йөреше схемасы: а — рефрактор; б — рефлектор; в — менисклы телескоп.



Телескоп Кояш, Ай, планеталарның һәм андагы аерым өлешләрнең күренмә почмакча үлчәмнәрен зурайтып күрсәтә, шулай ук аның аша күренә торган йолдызлар арасындагы почмакча ераклыкны да зурайта. Йолдызлар үзләре, бездән бик еракта булганга күрә, иң зур телескоптан караганда да яктырып торган нокта гына булып күренәләр.

Телескопта гадәттә кирегә әйләнгән сурәт барлыкка килә, ләкин космик объектларны күзәткәндә моның әһәмияте юк. Окулярга өстәмә линзалар куйганда, телескоп туры сурәт бирә торган күзәтү

трубасына әйләнә, ләкин бу вакытта беркадәр яктылык югала.

Телескоп аша күзәткәндә 500 тапкырдан артыграк зурайту сирәк кулланыла. Чөнки телескопның зурайтуы арткан саен, һава агымнары сурәтне ныграк боза.

Иң зур рефрактор объективының диаметры — 1 м. Дөньяда иң зур рефлектор көзгесенең диаметры — 6 м. Ул телескоп СССРда эшләнгән һәм Кавказ тауларында урнаштырылган. Ул гади күзгә күренә торган йолдызлардан уннарча миллион тапкыр тоныграк йолдызларны да күзәтергә мөмкинлек бирә.

2. Астрономик күзәтүләрнең үзенчәлекләре. Астрономия Җирдән торып күзәтүләргә нигезләнә. Бары тик безнең гасырның 60 нчы елларыннан алып кына күзәтү эшләре космостан — автоматик һәм идарә итәлә торган космик станцияләрдән башкарыла. Астрономиядә күзәтүләр, физика һәм химиядәге тәҗрибәләр ролен уйнау белән бергә, кайбер үзенчәлекләргә дә ия.

Астрономик күзәтүләрнең *беренче үзенчәлеге* шунда: күзәтүләр өйрәнелә торган объектларга карата күбесенчә *пассив* рәвештә бара. Күктәге җисемнәргә без актив рәвештә тәэсир итә алмыйбыз, башка табигать фәннәрендәге кебек (бик сирәк очракларны исәпкә алмаганда) тәҗрибәләр дә үткәреп булмый. Бары тик космик аппаратлар куллану гына Айда һәм иң якын планеталарда турыдан-туры тикшеренүләр үткәрергә мөмкинлек бирде.

Өстәвенә, күктәге күп кенә күренешләр шулкадәр әкрен бара, аларны күзәтү гаять озак вакыт таләп итә; мәсәлән, Җир күчәренең үз орбитасы яссылыгына авышлыгының үзгәрүе йөзләрчә еллар үткәч кенә сизелерлек була. Шуңа күрә моннан меңнәрчә ел элек үткәрелгән кайбер күзәтүләр, хәзерге заман таләпләреннән чыгып караганда төгәл булмасалар да, безнең өчен әһәмиятен югалтмаганнар.

Икенче үзенчәлеге. Күк җисемнәренең торышын һәм хәрәкәтен без Җирдән күзәтәбез, ә Җир үзе дә хәрәкәт итә: үз күчәре тирәсендә дә, Кояш тирәсендә дә әйләнә. Шулай да, күк җисемнәренең җирдәге күзәтүчегә карата хәрәкәтен тасвирлаганда, еш кына Җирне хәрәкәтләнми дип карыйбыз. Мәсәлән, яктырткычларның калкуы һәм батуы турында сөйлибез, ә ул, белгәнебезчә, Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнүеннән килеп чыга; Кояшның йолдызлыкларга карата хәрәкәте турында әйтәбез, ә ул — Җирнең Кояш тирәсендә әйләнүе нәтиҗәсе.

5. Күк йөзендә почмакча үлчәүләр һәм яктырткычның горизонттан биеклеге.

Шуның өстенә, Җирнең хәрәкәте аркасында Җирдәге күзәтүче өчен күк йөзенең күренеше ел буе үзгәреп тора. Күк йөзенең күренеше Җирдәге күзәтүченең кайсы урында торуына гына түгел, бәлки елның һәм тәүлекнең кайсы моментында күзәтелүенә дә бәйле. Мәсәлән, бездә кышкы көн булганда, Көньяк Америкада җәйге төн һәм киресенчә була. Җәен генә яки кышын гына күренә торган йолдызлар да бар.

Астрономик күзәтүләрнең *өченче үзенчәлеге* яктырткычларның бездән бик еракта булуына бәйле. Яктырткычлар бездән шулкадәр ерак, аларның кайсысы якынрак, кайсысыераграк икәнен күз белән дә, телескоп аша карап та белеп булмый. Аларның барысы да бердәй ераклыкта күренә. Шуңа күрә күктәге объектлар (мәсәлән, йолдызлар) арасындагы ераклык күзәтү ноктасыннан объектларга юнәлгән нурлар арасындагы почмак белән үлчәнә (5 нче рәсем). Бу — почмакча ераклык дип атала, ул градуслар һәм аның өлешләре белән күрсәтелә. Ике йолдызның күренү юнәлешләре якын булса (мәсәлән, *A* һәм *B* йолдызлары, 5 нче рәсемне кара), ул йолдызлар күк йөзендә берберсенә якын тора дип исәпләнә. Күк йөзендә *A* дан ерак булып күренгән *C* йолдызының пространствода *A* йолдызына *B* га караганда якынрак булуы мөмкин.

***Яктырткычның горизонттан почмакча ераклыгы яктырткычның горизонттан биеклеге* (*h*) *дип атала* (5 нче рәсем).**

Яктырткычның биеклеге 0° тан башлап (яктырткыч горизонтта тора) 90° ка кадәр (яктырткыч баш өстендә) исәпләнә. Яктырткычның горизонт якларына (дөнья якларына) карата торышы икенче почмак ярдәмендә күрсәтелә. Ул азимут дип атала һәм 0° тан 360° ка кадәр үзгәрә (исәп көньяктан сәгать йөреше уңаенда алып барыла).

Яктырткычның биеклеген һәм азимутын почмак үлчи торган махсус оптик инструмент — теодолит белән үлчиләр.

Күк йөзендәге почмакча ераклыкларны якынча билгеләү өчен, Зур Җидегән «чүмеченең» ике йолдызы (α һәм β, 7 нче рәсем) арасындагы почмакча ераклыкның 5° чамасы икәнен белү файдалы.

Күктәге объектларның күренмә зурлыкларын да почмакча берәмлекләрдә күрсәтергә була. Мәсәлән, Кояш белән Айның диаметрлары почмакча берәмлекләрдә 0,5° чамасы.

Сызыкча үлчәмнәре буенча Кояш диаметры Ай диаметрыннан 400 тапкыр диярлек зур. Ни өчен аларның почмакча диаметрлары тигез диярлек? ?

Күк җисемнәренә кадәр сызыкча ераклыкларны һәм аларның сызыкча үлчәмнәрен почмакча үлчәүләрдә ничек билгеләргә икәнен § 12 тан белерсез.

3. Сезнең күзәтүләрегез. Астрономияне яхшы үзләштерү өчен, күктәге күренешләрне һәм яктырткычларны мөмкин кадәр иртәрәк күзәтә башларга кирәк. Күзәтүләргә һәм йолдызлы күкнең дәреслектә бирелгән күчмә картасыннан файдалануга карата тулы күрсәтмәләрне VI һәм VII кушымталардан табарсыз.

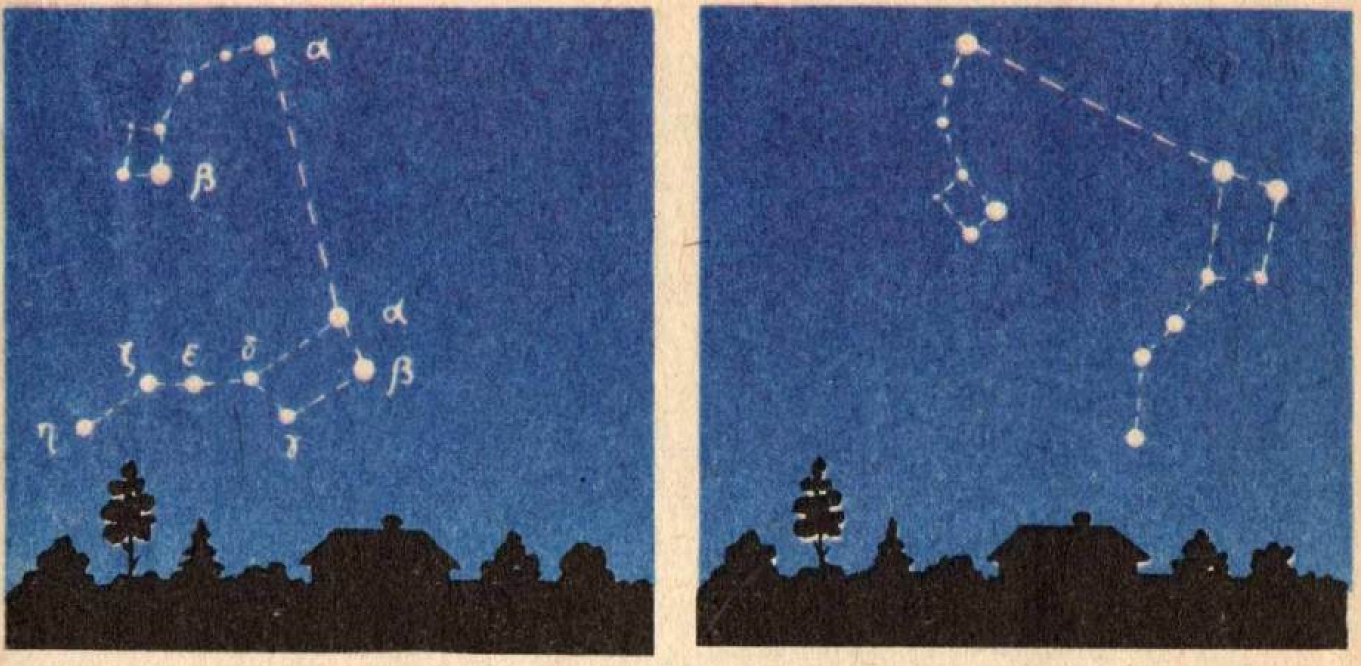
3. ЙОЛДЫЗЛЫКЛАР. ЙОЛДЫЗ КАРТАЛАРЫ. КҮК КООРДИНАТАЛАРЫ

1. Йолдызлыклар. Йолдызлыклар белән танышу өчен, Ай яктысы комачауламый торган болытсыз төнне сайларга кирәк. Җем-җем иткән йолдызлар сибелгән төнге күк йөзе бик матур була. Йолдызларның исәбе дә, хисабы да юк кебек. Ләкин күз ияләнеп үзара торышлары үзгәрми торган йолдыз төркемнәрен табарга өйрәнгәнче генә ул шулай. Бу төркемнәрне кешеләр моннан меңнәрчә ел элек үк йолдызлыклар итеп билгеләгәннәр. *Күк йөзенең теге яки бу чикләр эчендәге өлешен йолдызлык дип әйтәләр.* Бөтен күк йөзе йолдызларның үзләренә генә хас булган урнашулары буенча табарлык 88 йолдызлыкка бүленгән.

Күп кенә йолдызлыкларның исемнәре бик борынгыдан сакланып калган. Кайбер исемнәр грек мифологиясе белән бәйләнгән, мәсәлән, *Андромеда, Персей, Пегас;* кайберләре йолдызлыкның якты йолдызларыннан ясалган фигураларга охшаган әйберләргә бәйле: *Ук (Стрела), Өчпочмак (Треугольник), Үлчәү (Весы)* һ. б. Хайван исемнәре белән йөртелә торган йолдызлыклар да бар, мәсәлән, *Арыслан (Лев), Кысла (Рак), Чаян (Скорпион).*

6. Зур Җидегән йолдызлыгының фигурасы (йолдызларның борынгы картасыннан), аның хәзерге вакыттагы чикләре пунктир белән күрсәтелгән.

Күк йөзендә йолдызлыкларны табу өчен, аларның төп йолдызларын, йолдыз карталарында күрсәтелгән фигуралар килеп чыгарлык итеп, күңелдән туры сызыклар белән тоташтыралар (6 нчы, 7 нче, 10 нчы рәсемнәрне һәм VII кушымтадагы йолдызлар кар-



7. Күкнең тәүлеклек әйләнеше вакытында Зур һәм Кече Җидегән йолдызлыкларының горизонтка карата торышлары үзгәрү.

тасын карагыз). Һәрбер йолдызлыктагы якты йолдызларны элек-электән үк грек хәрефләре[1] белән тамгалаганнар. Күп вакытта йолдызлыкның иң якты йолдызын α хәрефе белән, анннары яктылыклары кими баруга карап, алфавит тәртибендә β, γ һ. б. хәрефләр белән тамгалыйлар. *Казык йолдыз — Кече Җидегән* йолдызлыгының α сы ул.

6 нчы һәм 7 нче рәсемнәрдә Зур Җидегәннең төп йолдызлары һәм ул йолдызлыкның борынгы заман йолдыз карталарында бирелә торган сурәте күрсәтелгән (Казык йолдызны табу ысулы сезгә география курсыннан да билгеле).

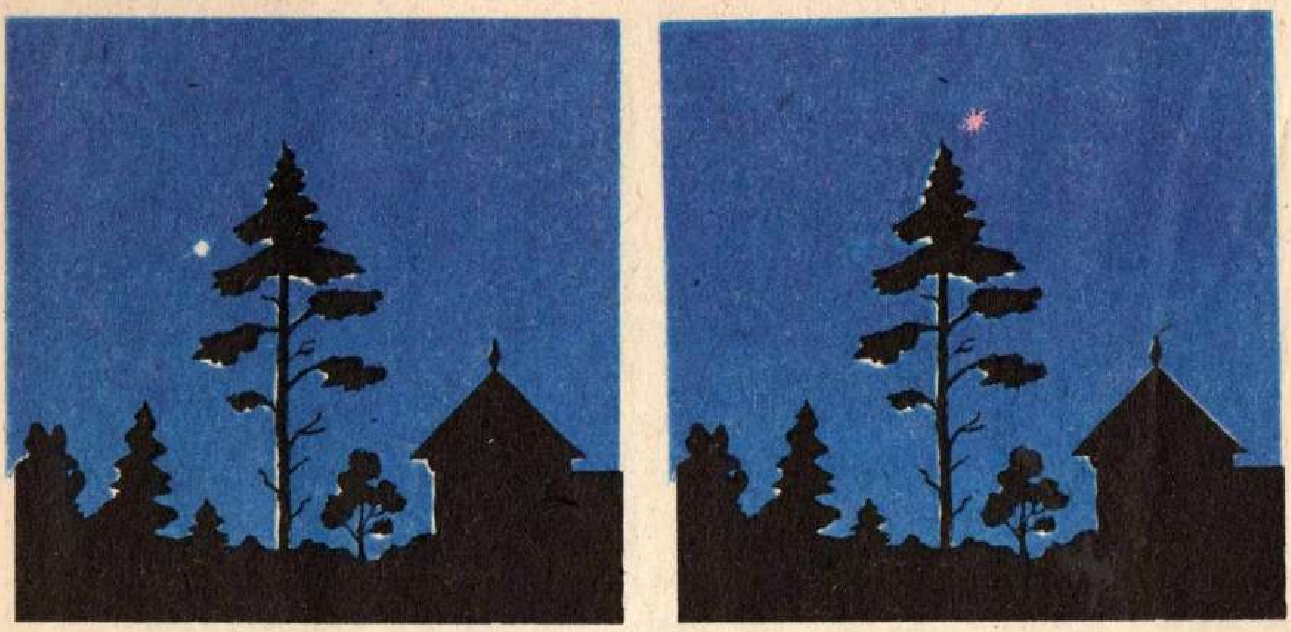
Айсыз аяз төндә горизонт өстендә гади күз белән 3000 чамасы йолдыз күрергә мөмкин. Хәзерге көндә астрономнар берничә миллион йолдызның төгәл урынын билгеләделәр, алардан килгән энергия агышын үлчәп, бу йолдызларның исемлеген — каталогын төзеделәр.

2. Йолдызларның күренмә яктырышы һәм төсе. Көндез күк йөзе зәңгәрсу төстәге гөмбәз рәвешендә күренә. Бу исә һавадагы флуктуацияләрнең (молекулаларның вакытлыча тигезсез таралышы) Кояш яктылыгындагы зәңгәр нурларны барыннан да көчлерәк таратуыннан килә.

Җир атмосферасыннан өстә күк йөзе һәрвакыт кап-кара

---

[1] Грек алфавиты IV кушымтада бирелгән.



8. Күкнең тәүлеклек әйләнеше вакытында көнчыгыштагы йолдызлар уңга һәм югарыга таба күчәләр.

булып күренә, һәм анда бер үк вакытта Кояшны да, йолдызларны да күзәтергә була.

Йолдызларның яктырышы да, төсләре дә төрле: ак, сары, кызгылт. Йолдыз никадәр кызылрак булса, ул шулкадәр салкынрак. Безнең Кояш сары йолдызлар төркеменә керә.

Борынгы заманнарда ук гарәпләр якты йолдызларга аерым исемнәр биргәннәр. Ак йолдызлар: Лира йолдызлыгында *Вега*, *Каракош* (Орел) йолдызлыгындагы *Альтаир* (алар җәен һәм көзен күренәләр), күк йөзендәге иң якты йолдыз — *Сириус* (кышын күренә); кызыл йолдызлар: Орион йолдызлыгындагы *Бетельгейзе*, *Үгез бозау* (Телец) йолдызлыгындагы *Альдебаран* (кышын күренәләр), Чаян (Скорпион) йолдызлыгындагы *Антарес* (җәен күренә); Йөкче (Возчий) йолдызлыгындагы сары йолдыз *Капелла* (кышын күренә) [1].

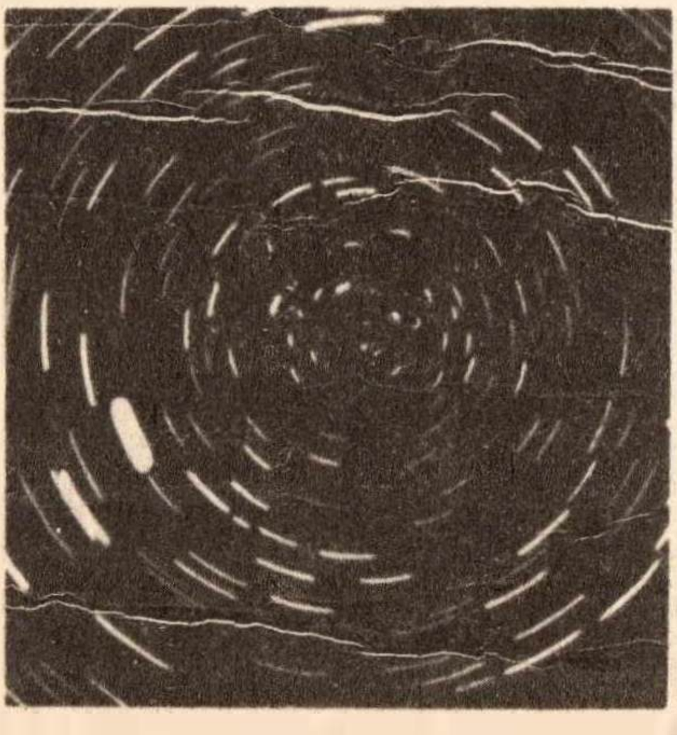
Иң якты йолдызларны борынгы заманнарда ук инде I нче зурлыктагы йолдызлар дип, ә гади күзгә күренер-күренмәс булган иң тонык йолдызларны 6 нчы зурлыктагы йолдызлар дип атаганнар. Бу борынгы терминология хәзергә кадәр сакланган. «Йолдызча зурлык» (m хәрефе белән билгеләнә) термины йолдызның чын үлчәнешләренә бәйләнмәгән, ул бары тик йолдыздан Җиргә килә торган яктылык агышын гына характерлый. Кабул ителгәнчә, аерма бер йолдызча зурлыкка

[1] Якты йолдызларның исемнәре IV кушымтада бирелгән.

тигез булганда, йолдызларның яктырышы бер-берсеннән якынча 2,5 мәртәбә аерыла. Аерма 5 йолдызча зурлыкка тигез булганда, йолдызлар яктырышындагы аерымлык 100 тапкыр була. Мәсәлән, 1 нче зурлыктагы йолдызлар 6 нчы зурлыктагыларыннан 100 тапкыр яктырак. Хәзерге заман күзәтү методлары 25 нче йолдызча зурлыкка кадәр йолдызларны табарга мөмкинлек бирә.

Төгәл үлчәүләр шуны күрсәтә: йолдызларның вакланмалы йолдызча зурлыклары булган кебек, тискәре йолдызча зурлыклары да бар, мәсәлән, Альдебаран өчен $m=1{,}06$, Вега өчен $m=0{,}14$, Сириус өчен $m=-1{,}58$, Кояш өчен $m=-26{,}80$.

3. Күк йөзенең тәүлеклек күренмә әйләнеше. Күк сферасы. Җир үз күчәре тирәсендә әйләнгәнгә күрә, безгә йолдызлар күк йөзе буйлап урыннарыннан күчәләр кебек күренә. Җирнең төньяк ярымшарында урта киңлекләрдә горизонтның төньягына таба карап йолдызларның тәүлеклек хәрәкәтен күзәткәндә, аларның горизонтның көнчыгышыннан калкып, төньягында иң биектә булуларын һәм көнбатыш ягында батуларын, ягъни сулдан уңга таба сәгать йөреше уңаенда хәрәкәт итүләрен күрергә була (8 нче рәсем). Игътибар белән күзәткәндә шуны әйтергә була: Казык йолдыз горизонтка карата үзенең торышын үзгәртми диярлек. Башка барлык йолдызлар тәүлек эчендә үзәге Казык йолдыз янында булган түгәрәк сызалар. Моның шу-



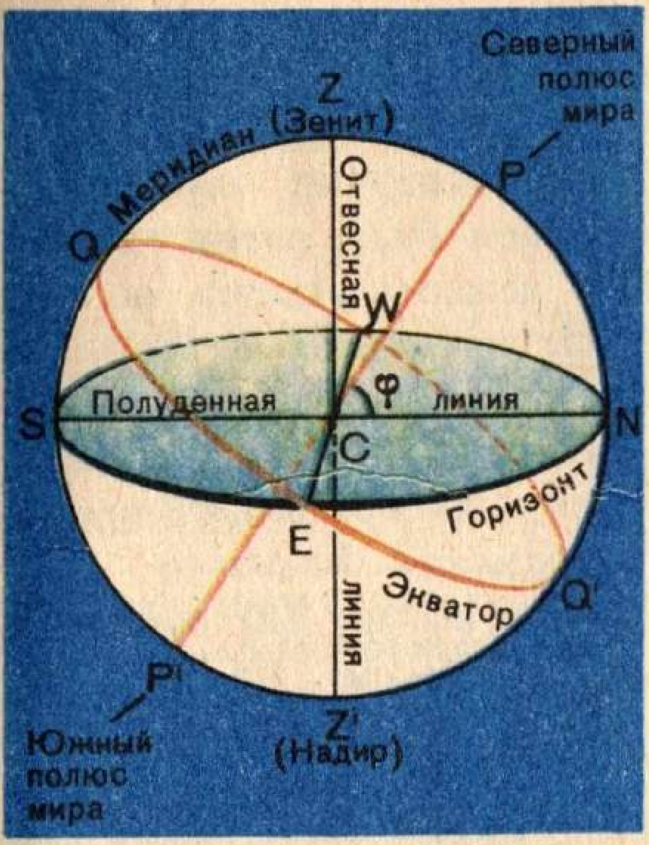
9. Күкнең поляр өлкәсенең фоторәсеме, ул кузгалмый торган фотоаппарат белән бер сәгать эчендә төшереп алынган.

10. Казык йолдыз тирәсендәге йолдызлыклар.

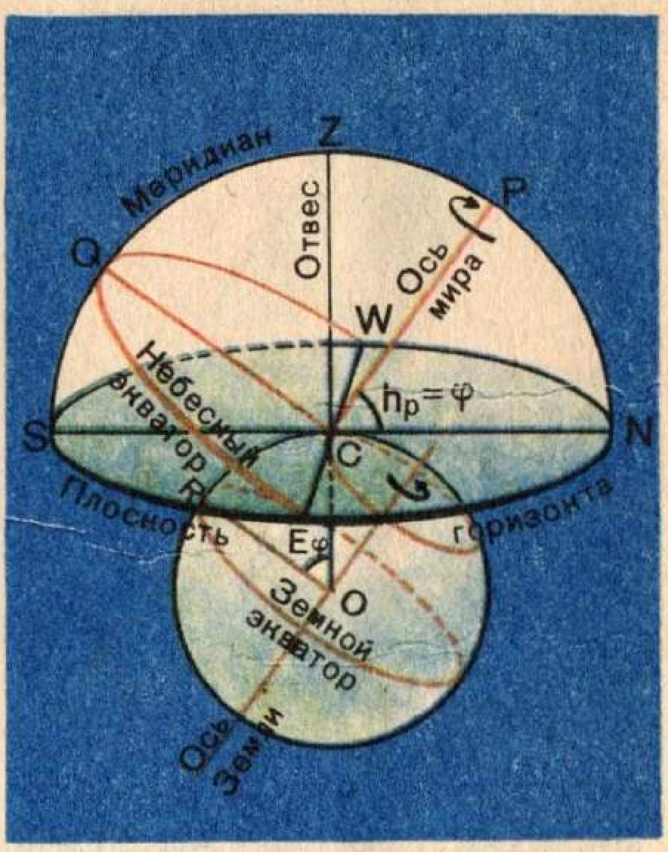
лай икәнен аисыз төндә түбәндәге тәҗрибә ясап ышанырга була. «Чиксезлеккә» төбәп куелган фотоаппаратны Казык йолдызга юнәлтик һәм шул торышта кузгалмаслык итеп беркетик. Объективны тулысынча ачык хәлдә тотып, затворны ярты яки бер сәгатькә ачыйк. Шул рәвешле төшереп алынган фоторәсемне ачыгайтыйк. Негативта концентрик дугалар — йолдызларның эзләрен күрербез (9 нчы рәсем). Бу дугаларның уртак үзәге — йолдызларның тәүлеклек әйләнеше вакытында кузгалмый торган нокта — шартлы рәвештә дөньяның төньяк полюсы дип атала. Казык йолдыз аңа бик якын (10 нчы рәрәсем). Аңа диаметраль капма-каршы булган нокта дөньяның көньяк полюсы дип атала. Төньяк ярымшарда ул горизонт астында урнашкан.

Күк йөзенең тәүлеклек әйләнү күренешен өйрәнгәндә математик схемадан — күк сферасыннан — файдалану җайлы. Күк сферасы — үзәгендә күзәтүче урнашкан ирекле радиуслы уйланма сфера ул. Барлык яктырткычларның күренмә торышы шул сферага проекцияләнә, ә үлчәү эшләре алып бару уңай булсын өчен, сферада нокталарны төзеп, сызыклар үткәрәләр (11 нче рәсем). Әйтик, күзәтүче аша үтүче асма сызык ZCZ' күк йөзен безнең баш өстендә зенит (Z) ноктасында кисеп үтә. Диаметраль капма-каршы булган Z' ноктасы надир дип атала. ZZ' асма сызыгына перпендикуляр яссылык ($NESW$) горизонт яссылыгы дип атала һәм күзәтүче торган ноктада Җир шарына орына (12 нче рәсемдә C ноктасы). Бу яссылык күк сферасын ике ярымсферага: барлык нокталары да горизонттан өстә булган *күренмә* һәм нокталары горизонттан аста яткан *күренми торган* ярымсфераларга бүлә.

Күзәтүченең күзе аша үтеп (C), дөньяның ике полюсын (P һәм P') тоташтыручы күчәрне — күк сферасының күренмә әйләнеше күчәрен — дөнья күчәре *дип атыйлар* (11 нче рәсем). Теләсә кайсы күзәтүче өчен дөнья күчәре һәрвакыт Җирнең әйләнү күчәренә параллель була (12 нче рәсем). Дөньяның төньяк полюсы турысында горизонтта — төньяк ноктасы N (11 нче, 12 нче рәсемнәр), аңа диаметраль капма-каршы якта көньяк ноктасы S ята. NCS сызыгы төшлек сызыгы дип атала (11 нче рәсем), чөнки төш вакытында вертикаль бастырып куелган таякның күләгәсе горизонталь яссылыкка шул сызык буенча төшә. (Урында төшлек сызыгын үткәрергә, шул сызык һәм Казык йолдыз ярдәмендә



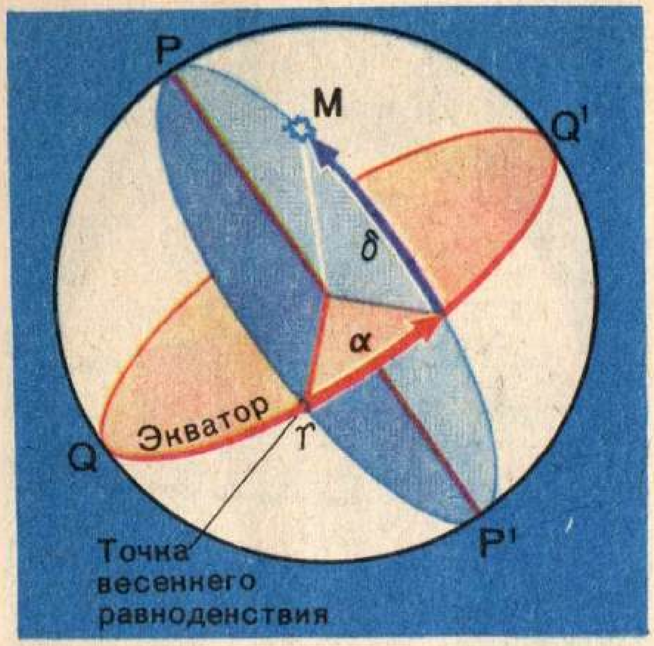
11. Күк сферасының төп нокталары һәм сызыклары.



12. Күк сферасында һәм Җир шарында сызыклар белән яссылыклар арасындагы бәйләнеш.

горизонт якларын табарга сез V класста физик география курсында өйрәндегез.) Көнчыгыш ноктасы E белән көнбатыш ноктасы W да горизонт сызыгында яталар. Алар төньяк (N) һәм көньяк (S) нокталарыннан 90° ераклыкта торалар. N ноктасы, дөнья полюслары, зенит (Z) һәм S ноктасы аша күк меридианы яссылыгы үтә. Күзәтүче C өчен ул аның географик меридианы яссылыгына туры килә (12 нче рәсем). Ниһаять, күзәтүче сфера үзәге (C ноктасы) аша үтүче һәм дөнья күчәренә перпендикуляр яссылык ($QWQ'E$) Җир экваторы яссылыгына параллель булган күк экваторы яссылыгын төзи (12 нче рәсемне кара). Күк экваторы күк сферасы өслеген ике ярымшарга: түбәсе дөньяның төньяк полюсында булган — төньяк һәм түбәсе дөньяның көньяк полюсында булган көньяк ярымшарларга бүлә.

4. Йолдыз карталары һәм күк координаталары. Йолдызлыкларны яссылыкта күрсәтә торган йолдызлар картасын төзү өчен, йолдызларның координаталарын белергә кирәк. Йолдызларның горизонтка карата координаталары, мәсәлән биеклеге, ачык күренеп торса да, карта төзү өчен җайсыз, чөнки алар һаман үзгәреп тора. Йолдызлы күк йөзе белән бергә әйләнә



13. Экваториаль координаталар.

торган координаталар системасын алырга кирәк. **Экваториаль система** — координаталарның шундый системасы була, координаталарны исәпләү экватор яссылыгына карата алып барылганга, ул система шулай аталган. Бу системаның бер координатасы — *яктырткычның күк экваторыннан почмакча ераклыгы* **авышу** (δ) *дип атала* (13 нче рәсем). Ул ±90° чикләрендә үзгәрә һәм экватордан төньякка таба — уңай, көньякка таба тискәре дип исәпләнә. Авышу — географик киңлеккә охшаш координата.

Икенче координата географик озынлыкка охшаш һәм ул **туры күтәрелеш** (α) дип атала.

Яктырткычның (M) туры күтәрелеше ике зур түгәрәк арасындагы почмак белән үлчәнә, түгәрәкләрнең берсе дөнья полюслары белән яктырткыч (*M*) аркылы, икенчесе дөнья полюслары белән экватордагы **язгы көн-төн тигезлеге ноктасы** (ϒ) аркылы үтә (13 нче рәсемне карагыз). Язын, 20—21 мартларда, көн төнгә тигез вакытта, Кояш шул ноктада (күк сферасында) булганга ул ноктаны көн-төн тигезлеге ноктасы дип атаганнар.

Төньяк полюс ягыннан караганда, бу почмакны язгы көн-төн тигезлеге ноктасыннан күк экваторы дугасы буенча сәгать йөрешенә каршы юнәлештә исәплиләр. Ул почмак 0 дән 360° ка кадәр үзгәрә. Күк экваторында урнашкан йолдызлар туры күтәрелешләре арта бару тәртибендә калку сәбәпле, ул зурлык туры күтәрелеш дип аталган. Бу күренеш Җирнең әйләнешенә бәйле булганга, туры күтәрелешне градусларда түгел, ә вакыт берәмлекләре белән билгелиләр. Җир 24 сәгатьтә бер әйләнеш (360°) ясый (ә безгә йолдызлар әйләнә кебек күренә). Димәк, 360° ка 24 сәг туры килә, ул вакытта 15°—1 сәг, 1°—4 мин, 15′—1 мин, 15″—1 с. Мәсәлән, 90° ка тигез туры күтәрелеш — 6 сәг, ә 7 сәг 18 мин — 109° 30′ була.

Йолдызлар картасы, атлас, глобусның координата сеткала

рында да, дәреслеккә һәм «Мәктәп астрономия календаре»на кушымта итеп бирелгән картада да туры күтәрелеш вакыт берәмлекләре белән билгеләнә.

I НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Йолдызча эурлык нәрсәне характерлый?
2. Дөньяның төньяк полюсы белән төньяк ноктасы арасында аерма бармы?
3. 9 сәг 15 мин 11 с ны почмакча берәмлекләрдә күрсәтегез.

I НЧЕ БИРЕМ

1. VII кушымтадан файдаланып, күк йөзенең күчмә картасын җыярга һәм аны кулланырга өйрәнегез.
2. Якты йолдызларның IV кушымтада бирелгән координаталар таблицасына карап, йолдызлар картасында аларның кайберләрен табыгыз.
3. Карта буенча берничә якты йолдызның координаталарын исәпләгез һәм, IV кушымтадагы таблицадан файдаланып, үлчәү нәтиҗәсенең дөреслеген тикшерегез.

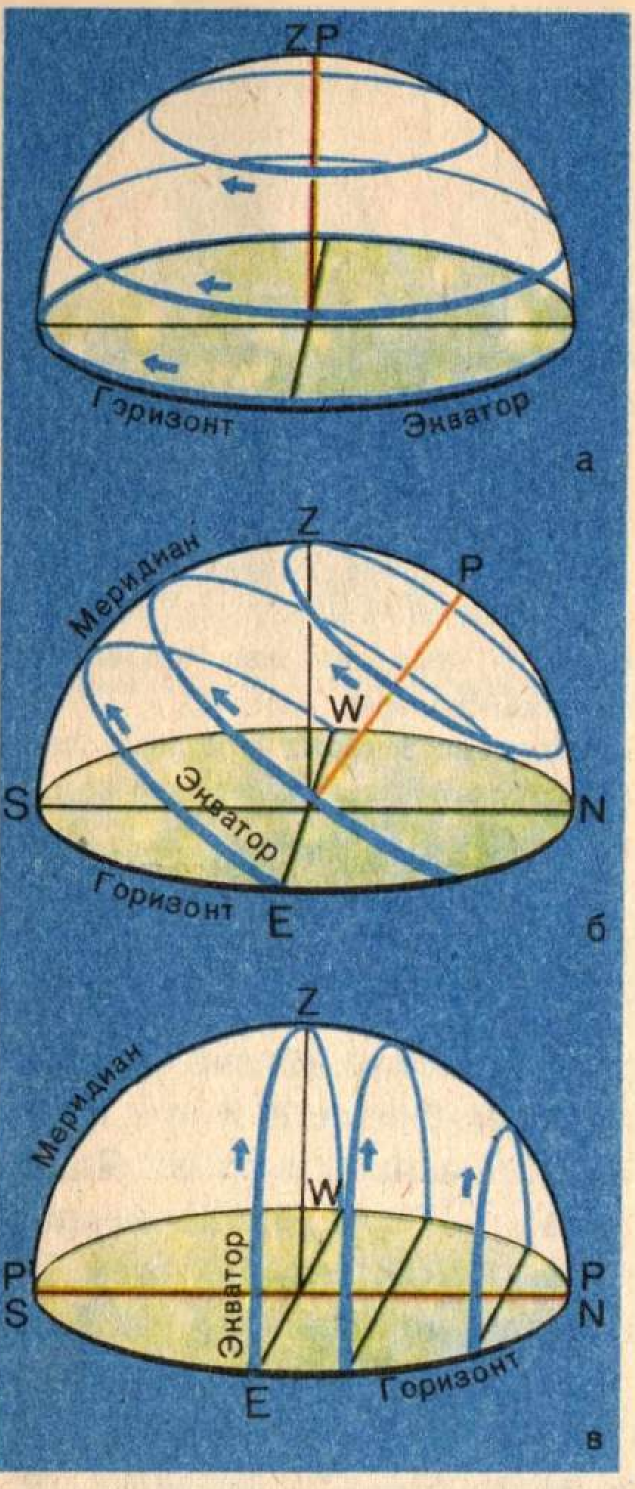
4. АСТРОНОМИК КҮЗӘТҮЛӘРДӘН ЧЫГЫП ГЕОГРАФИК КИҢЛЕКНЕ БИЛГЕЛӘҮ

1. Дөнья полюсының горизонттан биеклеге. 12 нче рәсемне карыйк. Дөнья полюсының горизонттан биеклеге $h_p = \angle PCN$, ә урынның географик киңлеге $\varphi = \angle COR$ икәнен күрәбез. Яклары үзара перпендикуляр ($[OC] \perp [CN]$, $[OR] \perp [CP]$) почмаклар булганга, бу ике почмак ($\angle PCN$ һәм $\angle COR$) үзара тигез. Бу почмакларның тигезлеге урынның географик киңлеген (φ) билгеләүнең иң гади ысулын бирә: *дөнья полюсының горизонттан почмакча ераклыгы урынның географик киңлегенә тигез.* Урынның географик киңлеген билгеләү өчен, дөнья полюсының горизонттан биеклеген үлчәү җитә, чөнки

$$h_p = \varphi.$$

2. Төрле киңлекләрдә яктырткычларның тәүлеклек хәрәкәте. Күзәтү урынының географик киңлеге үзгәргәндә күк сферасы әйләнү күчәренең горизонтка карата юнәлеше үзгәрүен без хәзер беләбез инде. Күктәге яктырткычларның күренмә хәрәкәтләре Җирнең Төньяк полюсында, экваторда һәм урта киңлекләрендә нинди булуын карап китик.

Җир полюсында дөнья полюсы зенитта була, һәм йолдызлар горизонтка параллель түгәрәкләр буенча хәрәкәт итәләр (14 нче



14. Яктырткычларның горизонтка карата тәүлеклек юллары: а — Җир полюсындагы, б — уртача географик киңлектәге, в — экватордагы күзәтүче өчен.

рәсем, *а*). Монда йолдызлар батмыйлар да, калыкмыйлар да, аларның горизонттан биеклеге үзгәрешсез.

Урта географик киңлекләрдә калка һәм *бата* торган йолдызлар була, шулай ук горизонттан беркайчан да түбән төшми торганнары да бар (14 нче рәсем, *б*). Мәсәлән, Казык йолдыз тирәсендәге йолдызлыклар (10 нчы рәсем) СССРның географик киңлекләрендә беркайчан да батмый. Дөньяның төньяк полюсыннан ерактарак урнашкан йолдызлыклар горизонт өстендә бик аз вакытка гына күренеп китә. Көньяк полюс тирәсендә урнашкан йолдызлыклар *калыкмый* торган йолдызлыклар.

Ләкин күзәтүче көньяккарак киткән саен көньяктагы йолдызлыкларны күбрәк күрә ала. *Җир экваторында* бер тәүлек эчендә, әгәр көндез Кояш комачауламаса, күк йөзендәге барлык йолдызлыкларны да күреп булыр иде (14 нче рәсем, *в*).

Экватордагы күзәтүче өчен барлык йолдызлар да горизонт яссылыгына перпендикуляр рәвештә калкалар һәм баталар. Һәрбер йолдыз юлының нәкъ яртысын горизонт өстендә вакытта үтә. Җир экваторындагы күзәтүче өчен дөньяның төньяк полюсы — төньяк ноктасына, дөньяның көньяк полюсы көньяк ноктасына туры килә (14 нче рәсем, *в*). Аның өчен дөнья күчәре горизонт яссылыгында урнашкан була.

2 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Йолдызлы күк йөзенә һәм аның әйләнүенә карап, Җирнең Төньяк полюсына килүенне ничек белеп була?
2. Җир экваторындагы күзәтүче өчен йолдызларның тәүлеклек юллары горизонтка карата ничек урнашкан? Ул юллар СССРда, ягъни географик урта киңлекләрдә, күренә торган йолдызларның тәүлеклек юлыннан нәрсә белән аерыла?

2 НЧЕ БИРЕМ

Үзегез яшәгән урынның географик киңлеген Казык йолдызның биеклеге буенча эклиметр ярдәмендә билгеләгез һәм киңлекне географик картадан табып чагыштырыгыз.

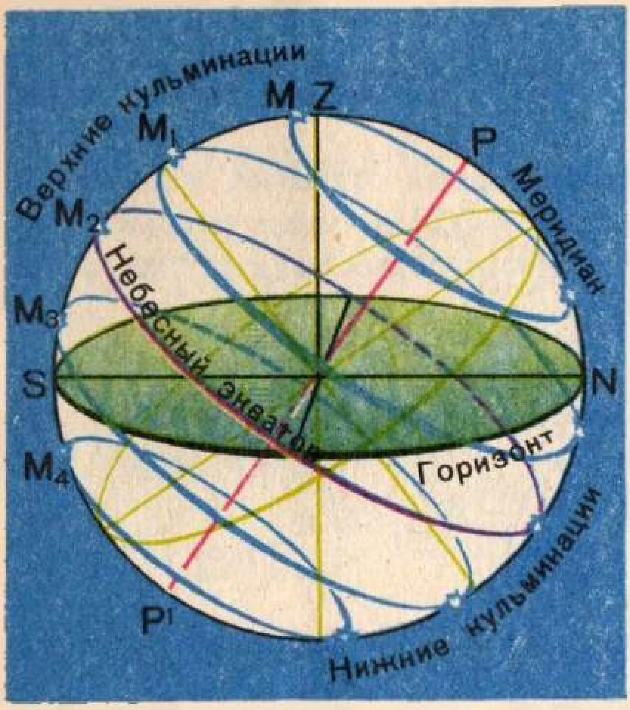
3. Яктырткычларның кульминациядәге биеклеге. Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнүен чагылдырган күк йөзенең күренмә әйләнеше вакытында билгеле бер киңлектә дөнья полюсы горизонт өстендә үзгәрмәс торышта була (12 нче рәсем). Бер тәүлек эчендә йолдызлар горизонттан өстә дөнья күчәре тирәсендә күк экваторына параллель булган түгәрәкләр сызалар. Бу вакытта һәр яктырткыч күк меридианын тәүлеккә ике тапкыр кисеп үтә (15 нче рәсем).

Яктырткычларның күк меридианы аша узу күренеше кульминация дип атала. Югарыгы кульминациядә яктырткычның биеклеге максималь, түбәнге кульминациядә минималь була. Кульминацияләр арасындагы вакыт ярты тәүлеккә тигез.

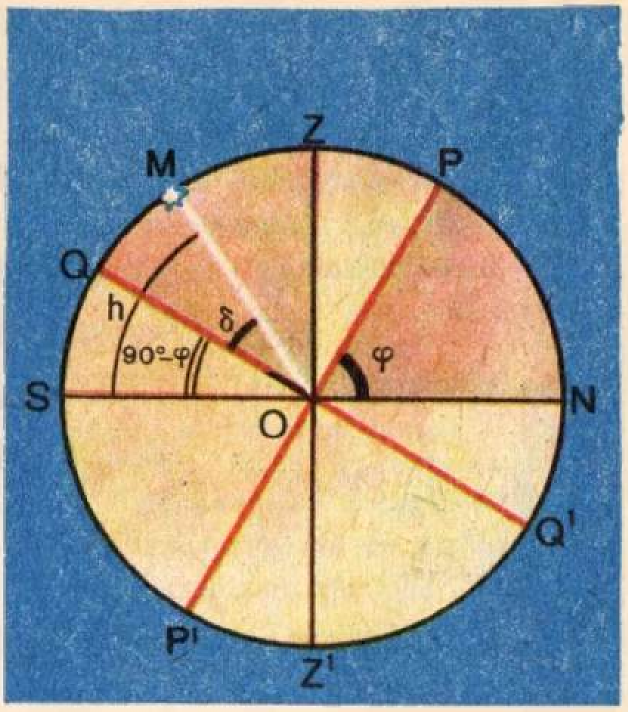
Билгеле бер φ киңлегендә *батмый торган M* яктырткычының (15 нче рәсем) ике кульминациясе дә (горизонттан өстә) күренә, калка һәм бата торган яктырткычларның M_1, M_2, M_3 түбәнге кульминациясе горизонттан аста, төньяк ноктасыннан түбәндәрәк була. Күк экваторыннан көньякка таба ерак урнашкан M_4 яктырткычының ике кульминациясе дә күренмәскә мөмкин (*калыкмый* торган яктырткыч).

Кояш үзәгенең югарыгы кульминация моменты чын төш вакыты, ә түбәнге кульминация моменты чын төн уртасы дип атала.

M яктырткычының югарыгы кульминациядәге биеклеге (*h*) һәм аның авышуы δ белән урынның геpографик киңлеге φ арасындагы бәйләнекне табыйк. Аның өчен 16 нчы рәсемнән файдаланыйк. Анда асма сызык *ZZ′*, дөнья күчәре *PP′* һәм күк экваторы *QQ′* белән горизонт сызыгы *NS* ның күк меридианы яссылыгына (*PZSP′N*) проекцияләре бирелгән.



15. Яктырткычларның югарыгы һәм түбәнге кульминацияләре.



16. Яктырткычның югарыгы кульминациядәге биеклеге.

Белгәнебезчә, дөнья полюсының горизонттан биеклеге урынның географик киңлегенә тигез, ягъни $h_P = \varphi$. Димәк, төшлек сызыгы *NS* белән дөнья күчәре *PP'* арасындагы почмак урынның географик киңлегенә (φ) тигез, ягъни $\angle PON = h_P = \varphi$. Күк экваторы яссылыгының горизонтка авышуы да (ул *QOS* почмагы белән үлчәнә) $90° - \varphi$ гә тигез икәне күренеп тора, чөнки $\angle QOZ = \angle PON$ — яклары үзара перпендикуляр почмаклар (16 нчы рәсем). Кульминациядә зениттан көньяктарак була торган *M* йолдызының авышуы — δ. Аның югары кульминациядәге биеклеге

$$h = 90° - \varphi + \delta$$

була. Бу формуладан күренгәнчә, югары кульминациядәге авышуы δ билгеле булган теләсә нинди йолдызның биеклеген үлчәү юлы белән географик киңлекне исәпләп була. Монда йолдыз кульминация моментында экватордан көньяктарак торса, аның авышуы тискәре булуын исәпкә алырга кирәк.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. Сириус (Зур Этнең α, IV кушымтаны кара) югарыгы кульминациясендә 10° биеклектә була. Күзәтү урынының киңлеге күпмегә тигез?

Бирелгән:	Чишү.
$\delta = -17°$ $h = 10°$ $\varphi - ?$	Сириусның авышуын IV кушымтадан табабыз (кыйммәтне түгәрәкләп алабыз). $h = 90° - \varphi + \delta$ формуласыннан $\varphi = 90° - h + \delta$ ны табабыз. $\varphi = 90° - 10° - 17° = 63°$. Җавап: $\varphi = 63°$.

Сызымның мәсьәлә шартына төгәл туры килүенә игътибар итегез.

3 НЧЕ КҮНЕГҮ

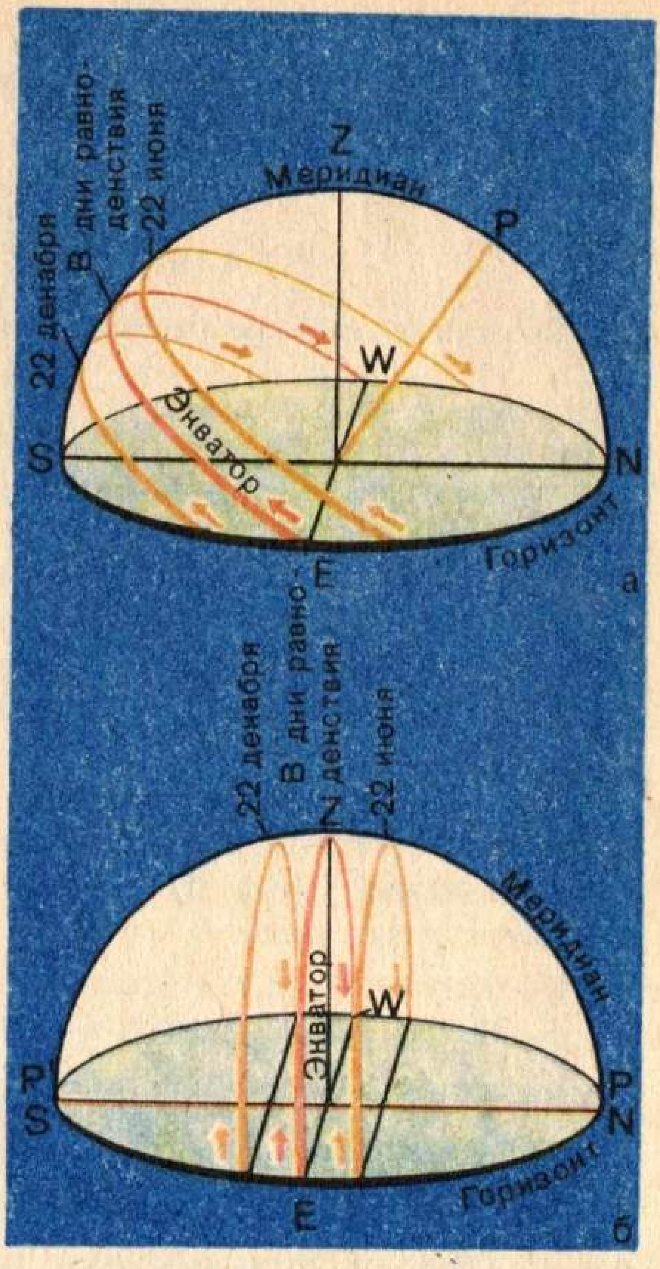
Мәсьәләләрне чишкәндә, шәһәрләрнең географик координаталарын географик карта буенча исәпләргә була.

1. Ленинградта Антаресның (Чаянның α сы, IV кушымтаны карагыз) югары кульминациясе нинди биеклектә була?
2. Сезнең шәһәр өчен югары кульминациясе зенитта, көньяк ноктада була торган йолдызларның авышуы күпме?
3. Яктырткычның түбәнге кульминациядәге биеклеген $h = \varphi + \delta - 90°$ формуласыннан файдаланып исәпләргә мөмкин булуын исбатлагыз.
4. Билгеле бер географик киңлектәге урында йолдызлар батмый яки бөтенләй калыкмый торган булсын өчен, урынның авышуы нинди шартны канәгатьләндерергә тиеш?

5. ЭКЛИПТИКА. КОЯШ БЕЛӘН АЙНЫҢ КҮРЕНМӘ ХӘРӘКӘТЕ

Билгеле бер урында һәр йолдызның кульминациясе горизонттан бер үк биеклектә була, чөнки аның дөнья полюсыннан һәм күк экваторыннан почмакча ераклыгы үзгәрми. Ә Кояш белән Ай үзләренең кульминация ноктaларының биеклеген үзгәртеп торалар. Моннан аларның йолдызларга карата торышы (авышуы) үзгәрә дигән нәтиҗә ясарга була. Белгәнебезчә, Җир Кояш тирәсендә, Ай Җир тирәсендә әйләнә. Шуның аркасында бу ике яктырткычның торышлары ничек үзгәрүен карап китик.

Әгәр бик төгәл сәгать ярдәмендә Кояш һәм йолдызларның югарыгы кульминацияләре арасындагы вакытларны билгеләсәк, йолдызлар кульминациясенең арасы Кояш кульминацияләре арасындагы вакыттан *дүрт минутка кыскарак* булыр. Бу исә Җирнең бер тәүлектә үз күчәре тирәсендә әйләнеп чыгуы вакытында (тәүлектә) Кояш тирәсендәге юлының $\frac{1}{365}$ өлешен үтүе белән аңлатыла. Безгә Кояш йолдызлар фонында көнчыгышка таба, күкнең тәүлеклек әйләнешенә капма-каршы юнәлештә, күчкән булып күренә. Бу күчү — 1° чамасында. Ә күк сферасына мондый почмакка борылу өчен тагын 4 мин вакыт кирәк. Кояшның кульминациясе 4 мин ка «соңга» кала. Шулай



17. Эклиптика һәм күк экваторы.

18. Елның төрле вакытларында Кояшның горизонт өстендәге тәүлеклек юллары: а — географик урта киңлекләрдә, б — Җир экваторында.

итеп, Җирнең орбита буенча хәрәкәте аркасында Кояш йолдызларга карата э к л и п т и к а дип аталган түгәрәк ясый (17 нче рәсем).

Ай күк сферасының әйләнүенә каршы бер әйләнешне бер айда ясап, тәүлеккә 1° түгел, ә 13° чамасы күчкәнгә күрә, Айның кульминациясе тәүлегенә 4 мин түгел, ә 50 минутка соңга кала.

Көн уртасында Кояшның биеклеген билгеләгәндә, аның елга ике тапкыр күк экваторында көн-төн тигезлеге дип аталган нокталарда булуын белгәннәр. Бу язгы һәм көзге көн-төн тигезлеге көннәренә (21 март һәм 23 сентябрь) туры килә. Горизонт яссылыгы күк экваторын урталай бүлә (18 нче рәсем). Шуңа күрә көн-төн тигезлеге көннәрендә Кояшның горизонттан өстәге һәм аннан астагы юллары тигез, димәк, көн белән төннең озынлыгы да тигез була.

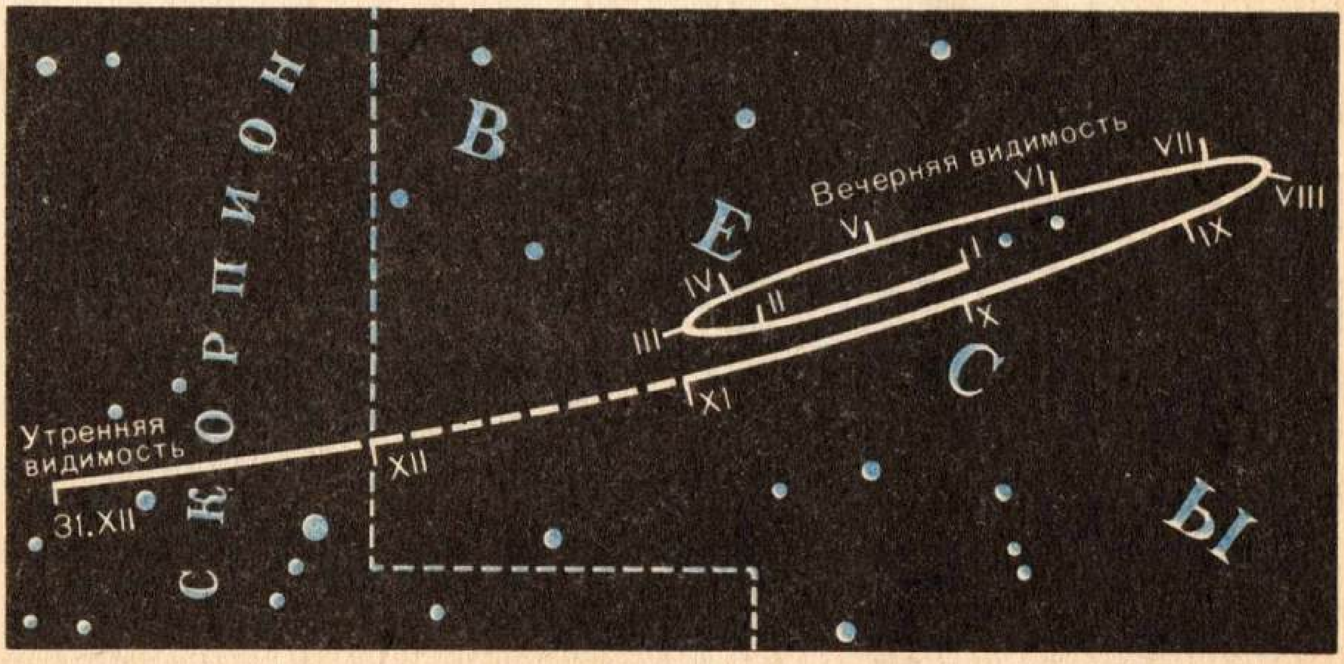
Эклиптика буенча хәрәкәт итеп, Кояш 22 июньдә күк экваторыннан дөньяның төньяк полюсына таба иң еракка китә (23° 27′ ка). Җирнең төньяк ярымшары өчен ул төш вакытында горизонттан иң биектә була (күк экваторыннан да шулкадәр үк биеклектә, 17 һәм 18 рәсемнәрне карагыз). Иң озын көн ул *җәйге Кояш торгынлыгы* көне дип атала.

Эклиптиканың зур түгәрәге күк экваторының зур түгәрәген 23°27′ лы почмак ясап кисә. *Кышкы Кояш торгынлыгы көне* 22 декабрьдә Кояш экватордан шулкадәр түбәнрәк була (17 һәм 18 рәсемнәрне карагыз). Шулай итеп, Кояшның бу көнге кульминациясе 22 июньдәгегә караганда 46°54′ ка түбәнәя һәм иң кыска көн була (Физик география курсыннан белгәнебезчә, Кояшның Җирне яктырту һәм җылыту шартларының төрлечә булуы климат поясларын, ел вакытлары алышуны китереп чыгара).

Борынгы заманнарда Кояшны аллалаштыру периодик рәвештә бер ел эчендә кабатлана торган күренешләрне: табигатьнең кышын үлүен, язын яңадан туун читләтеп сурәтләүче мифларны — «Кояш-алланың» «тууы», «яңадан туу» турындагы риваятьләрне китереп чыгарган. Христиан бәйрәмнәрендә Кояшка табынуның эзләре чагыла.

Кояшның юлы з о д и а к а л ь йолдызлыклар (*«зоон»* (хайван) — грек сүзе) дип аталган 12 йолдызлык аша үтә, ә алар барысы бергә з о д и а к п о я с ы дип йөртелә. Аңа *Балыклар*

19. Планетаның күк йөзендә бер ел эчендәге күренмә юлы.



(Рыбы), *Овен* (Овен), *Үгез бозау* (Телец), *Игезәкләр* (Близнецы), *Кысла* (Рак), *Арыслан* (Лев), *Кыз* (Дева), *Үлчәү* (Весы), *Чаян* (Скорпион), *Укчы* (Стрелец), *Кәҗәмөгез* (Козерог), *Сукояр* (Водолей) йолдызлыклары керә. Һәр зодиакаль йолдызлыкта Кояш бер ай чамасы була. Язгы көн-төн тигезлеге ноктасы ♈ (күк экваторы белән эклиптиканың кисешү нокталарыннан берсе) Балыклар (Рыбы) йолдызлыгына туры килә.

Аңлашыла ки, Кояш булган зодиакаль йолдызлыкка капма-каршы торучы йолдызлык югары кульминациядә төн уртасында була. Мәсәлән, март аенда Кояш Балыклар (Рыбы) йолдызлыгында була, ә төн уртасында Кыз (Дева) йолдызлыгы кульминациядә була.

Димәк, Җир тирәсендә әйләнә торган Айның күренмә хәрәкәте дә, Җир Кояш тирәсендә әйләнүгә карамастан, Кояшның күренмә хәрәкәте дә бер төрле үк күренә һәм шулай тасвирлана. Мондый күзәтүләр нигезендә генә Кояш Җир тирәсендә яки Җир Кояш тирәсендә әйләнә дип нәтиҗә чыгарырга ярамый.

Планеталар әкренрәк һәм шактый катлаулы рәвештә күчәләр. Алар йолдызлы күк фонында әле бер, әле икенче якка күчеп, элмәкләр ясап хәрәкәт итәләр (19 нчы рәсем). Бу аларның чын хәрәкәтләре белән Җир хәрәкәтенең кушылуыннан килеп чыга. Йолдызлы күктә **планеталар** (борынгы грек телендә бу «гизүчеләр» дигән сүз), Ай белән Кояш кебек үк, даими урын биләмиләр. Шуңа күрә йолдызлы күк йөзе картасын төзегәндә, анда Кояш, Ай һәм планеталарның урынын билгеле бер момент өчен генә күрсәтергә була.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. **Җәйге һәм кышкы Кояш торгынлыгы көннәрендә Архангельскида һәм Ашхабадта Кояшның төш вакытындагы биеклеген билгеләгез.**

Бирелгән:	Чишү.
$\varphi_1 = 65°$ $\varphi_2 = 38°$ $\delta_ж = 23,5°$ $\delta_к = -23,5°$ ――― $h_{1ж}$ — ? $h_{2ж}$ — ? $h_{1к}$ — ? $h_{2к}$ — ?	Архангельск (φ_1) һәм Ашхабадның (φ_2) географик киңлекләрен география картасыннан табабыз. Кояшның җәйге һәм кышкы Кояш торгынлыгы көннәрендәге авышулары билгеле. $h = 90° - \varphi + \delta$ формуласыннан табабыз: $h_{1ж} = 48,5°$, $h_{1к} = 1,5°$, $h_{2ж} = 75,5°$, $h_{2к} = 28,5°$.

Кояш торгынлыгы көннәрендә Кояшның төш вакытындагы биеклекләре аермасы аның бу көннәрдәге авышулары аермасы белән ничек бәйләнгән, шуңа игътибар итегез.

Кояшның бер үк көндә бу ике шәһәрдәге биеклекләре аермасын шәһәрләрнең географик киңлекләре аермасы белән чагыштырыгыз. Нәтиҗә ясагыз.

Кояшның кайсы да булса бер шәһәр өчен җәйге Кояш торгынлыгы көнендәге төшке биеклеге билгеле булса, икенче шәһәр өчен аның биеклеген ничек исәпләргә?

4 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Җәйге Кояш торгынлыгы көнендә Кояшның кульминациясе кайсы географик киңлектә зенитта була?
2. Җир экваторындагы күзәтүче өчен Кояш кайсы көннәрдә зенитта була?
3. Кояшның кышкы Кояш торгынлыгы көнендәге кульминациясе көньяк ноктасына туры килә торган пунктның географик киңлеген табыгыз.

3 НЧЕ БИРЕМ

1. Йолдызлар картасында 12 зодиакаль йолдызлыкны табыгыз. Күзәтүләр үткәргән кичне нинди зодиакаль йолдызлыкларның горизонттан өстә булуын йолдызлы күкнең күчмә картасы ярдәмендә билгеләгез.
2. «Мәктәп астрономия календаре»ннан планеталарның хәзерге вакытка туры килгән координаталарын язып алыгыз, аларның кайсы йолдызлыкларда булуын билгеләгез. Кичке күк йөзендә аларны табыгыз.

6. АЙНЫҢ ХӘРӘКӘТЕ. КОЯШ ҺӘМ АЙ ТОТЫЛУ

1. Ай фазалары. Ай Җир тирәли Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнү юнәлешендә хәрәкәт итә. Белгәнебезчә, бу хәрәкәтнең чагылышы булып Айның йолдызлар фонында күк әйләнешенә капма-каршы булган күренмә хәрәкәте тора. Ай тәүлек саен йолдызларга карата якынча 13° ка көнчыгышка таба авыша, ә 27,3 тәүлектән соң күк сферасында тулы түгәрәк сызып, яңадан шул ук йолдызларга әйләнеп кайта.

Айның Җир тирәсендә йолдызларга карата әйләнү периоды (исәпләүләрнең инерциаль системасы) *йолдызча яки сидерик ай дип атала* (латин сүзе sidus — йолдыз). Ул 27,3 тәүлектән тора.

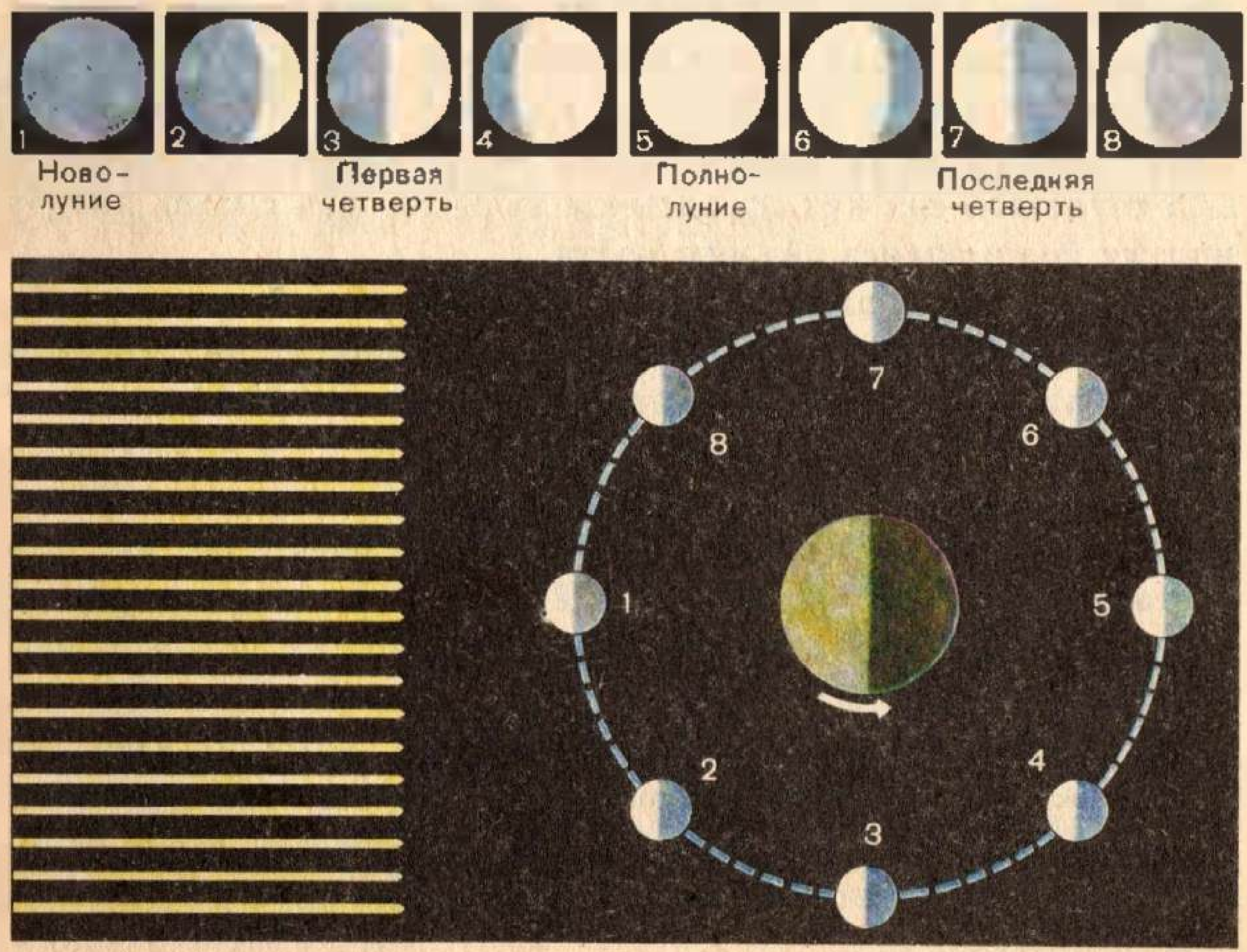
Айның күренмә хәрәкәте вакытында Айның рәвеше дә үзгәрә — *фазалары алышына.* Бу күренеш Айның үзен яктырта торган Кояшка һәм Җиргә карата төрле торышларда булуыннан килеп чыга. Ай фазаларының алмашынуын аңлаткан схема 20 нче рәсемдә бирелгән.

Ай безгә нәзек урак булып күренгәндә, аның дискысының калган өлеше дә бераз яктырып тора. Бу күренеш *көлсыман яктылык* дип атала. Ул Җир үзеннән кайтарылган Кояш яктысы белән Айның төнге ягын яктыртудан килеп чыга.

Айның бер-бер артлы килгән бертөрле фазалары арасындагы вакыт синодик ай дип атала (грек сүзе — synodos — тоташтыру). Бу Айның Җир тирәсендә Кояшка карата әйләнү периоды. Күзәтүләрдән күренгәнчә ул 29,5 тәүлеккә тигез.

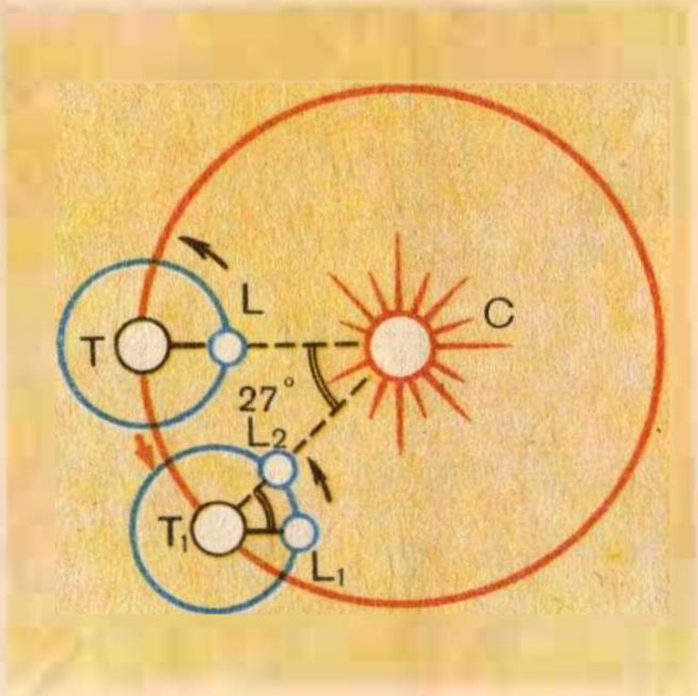
Шулай итеп, синодик ай сидерик айдан озынрак. Бу җиңел аңлашыла: Айның бертөрле фазалары ул Җир белән Кояшка карата бертөрле торышта булганда барлыкка килә. 21 нче рәсемдә Җир (*T*) белән Айның (*L*) үзара торышлары тулы ай вакытында бирелгән. Ай (*L*) 27,3 тәүлектә тулы әйләнеш ясап, йолдызларга карата элеккеге торышына кайта. Бу вакыт эчендә Җир (*T*), Ай белән бергә, үз орбитасы буйлап Кояшка карата 27° чамасы булган TT_1 дугасын үтәр, чөнки ул һәр тәүлектә 1° чамасы авыша. Җир (T_1) белән Кояшка карата элекке торышына кайту өчен (тулы ай булсын өчен), Айга (*L*) тагын ике тәүлек чамасы вакыт кирәк була. Чыннан да, Ай тәүлеккә $360° : 27{,}3$ тәүл $= 13°$ / тәүл араны үтә, ә 27° лы дуганы үтү өчен аңа $27° : 13°$ / тәүл $= 2$ тәүл кирәк була. Айның синодик ае 29,5 Җир тәүлегe чамасы булып чыга.

20. Ай фазаларының алмашынуы (кояш нурлары сулдан төшә, югарыда Айның Җирдән күренә торган фазалары бирелгән).



Без һәрвакыт Айның бары бер ярымшарын гына күрәбез. Бу кайвакыт Ай үз күчәре тирәсендә әйләнмәгән кебек тоела. Ә чынлыкта ул Айның үз күчәре тирәсендә әйләнү периоды белән Җир тирәсендә әйләнү периодларының тигезлеге белән аңлатыла.

Үзегез тирәли берәр әйбер әйләндереп, моның дөреслеген тикшерегез. Бер үк вакытта ул әйберне сезнең тирәли әйләнү периодына тигез период белән үз күчәре тирәсендә дә әйләндерегез.



21. Йолдызча ай белән синодик ай арасындагы аерма.

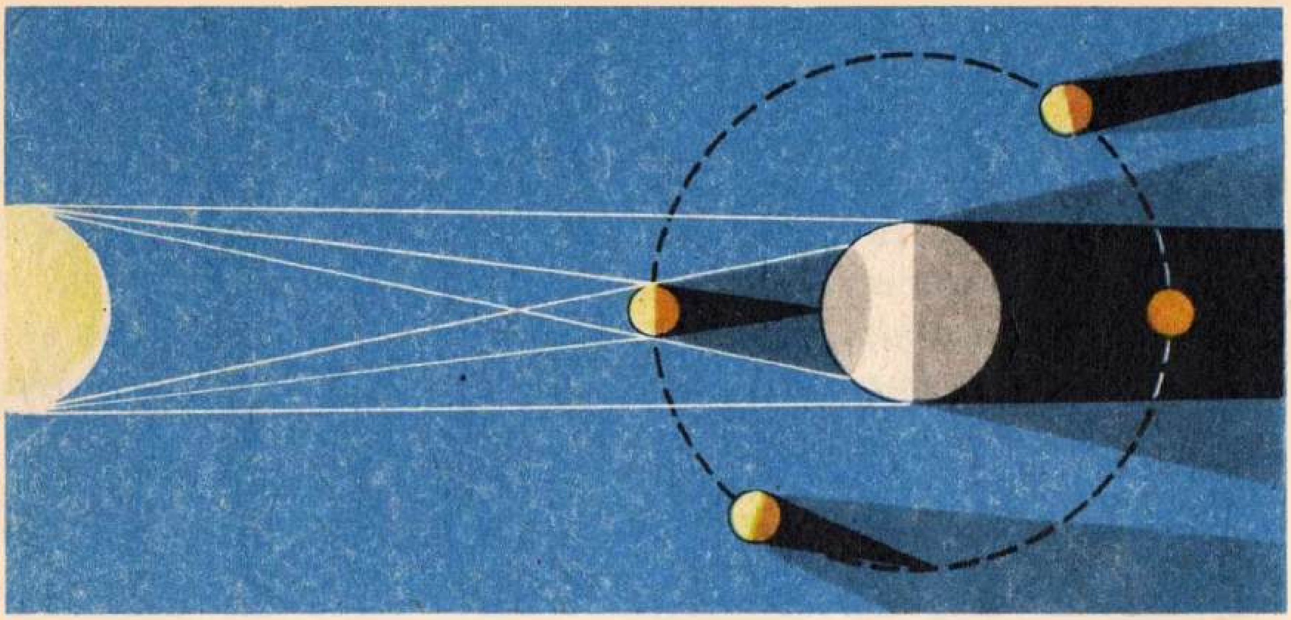
Үз күчәре тирәсендә әйләнгәндә, Ай Кояшка төрле яклары белән әйләнә. Шулай булгач, Айда көн белән төн алышыну була, Айның Кояшча тәүлеге синодик периодка (аның Кояшка карата әйләнүенә) тигез. Шулай итеп, Айда көн озынлыгы Җирдәге ике атнага тигез һәм безнең ике атнабыз анда төн була.

Җир белән Айның фазалары үзара капма-каршы булуын аңлавы кыен түгел. Ай тулып килгәндә, Җир Айдан нәзек урак кебек булып күренә. 42 нче рәсемдә күк йөзенең, Ай горизонтының һәм Җирнең фоторәсеме күрсәтелгән, анда Җирнең ярымтүгәрәктән кечерәк яктыртылган өлеше генә күренеп тора.

5 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Ай урагының кабарынкы ягы уңга караган һәм горизонтка якын тора. Ул горизонтның кайсы ягында тора?
2. Бүген Айның югарыгы кульминациясе төн уртасында көньякта булды. Айның киләсе югарыгы кульминациясе кайчан булыр?
3. Айда йолдызларның кульминациясе нинди вакыт аралыклары аша була?

2. Ай һәм Кояш тотылу. Кояш белән яктыртылган Җир һәм Айдан (22 нче рәсем) конус формасындагы (җыелып төшүче) күләгә һәм конус формасындагы (таралып төшүче) ярымкүләгә төшә. Ай Җирнең күләгәсенә тулысынча яки өлешчә элек·



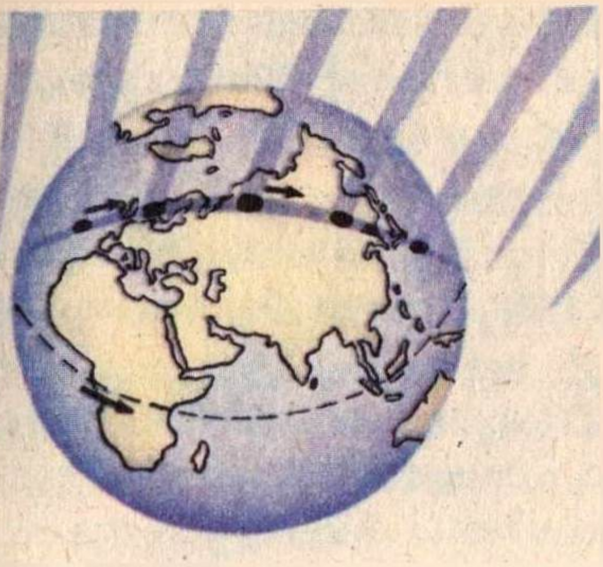
22. Ай һәм Кояш тотылу схемасы (рәсемдә масштаб сакланмаган).

кәндә, *Айның тулы яки өлешчә тотылуы* була. Ул Җирнең Ай горизонт өстендә булган барлык урыныннан да бер үк вакытта күренә. Айның тулы тотылуы Ай Җир күләгәсеннән чыга башлаганга кадәр була һәм 1 сәг 40 мин ка кадәр дәвам итә ала. Кояш нурлары, Җир атмосферасында сынып, Җир күләгәсенең конусына эләгә. Бу вакытта атмосфера зәңгәр һәм аңа күрше нурларны йота (40 нчы рәсемне карагыз), ә үзе аэрак йота торган кызыл нурларны күбесенчә конус эченә үткәрә. Шуңа күрә дә Ай озак тотылу фазасында бөтенләй югалмый, кызгылт төскә керә. Борынгы заманда Ай тотылудан дәһшәт билгесе дип курыкканнар. «Ай канга бата», дип уйлаганнар. Ай тотылу елга өч мәртәбәгә кадәр булырга мөмкин. Ул ярты ел саен диярлек кабатлана һәм, әлбәттә, тулган Ай вакытында гына була.

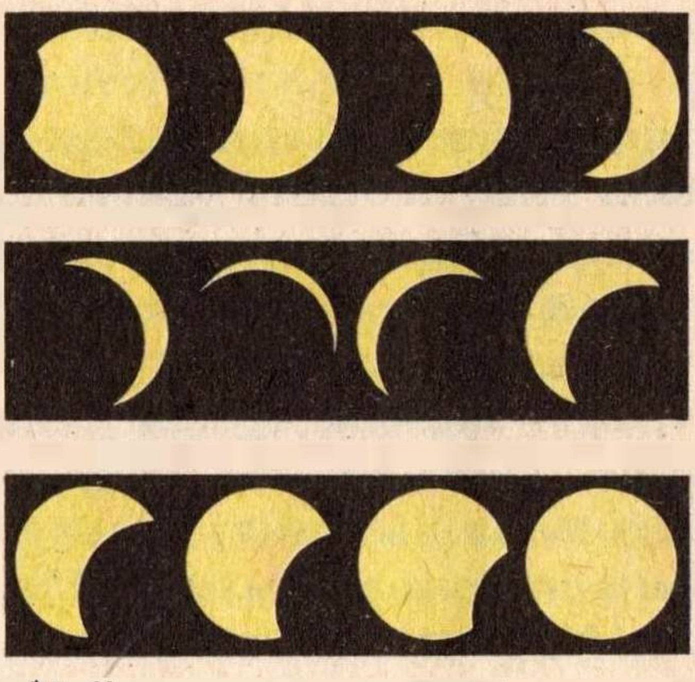
Кояшның тулы тотылуы Җиргә Ай күләгәсе төшкән урында гына күренә. Күләгә төшкән урынның диаметры 250 км дан зур булмый, һәм шуңа күрә Кояшның тулы тотылуы бер үк вакытта Җир шарының кечкенә участогында гына күренә. Ай үз орбитасы буенча хәрәкәт иткәндә, аның күләгәсе Җирдә көнбатыштан көнчыгышка таба тар гына тулы Кояш тотылу полосасы хасил итеп, күчә бара (23 нче рәсем).

Җиргә Айның ярымкүләгәсе төшкән урыннарда Кояшның өлешчә тотылуы күзәтелә (24 нче рәсем).

Җирнең Ай белән Кояштан ераклыклары аз гына үзгәрүе сәбәпле, Айның күренмә почмакча диаметры әле Кояшныкыннан



23. Ай күләгәсе төшкән урынның Җир шары буенча күчүе.



24. Кояшның өлешчә тотылу фазаларының эзлеклелеге.

аз гына зуррак, әле бераз кечерәк, әле аңа тигез була. Беренче очракта Кояшның тулы тотылуы 7 мин 40 с чамасы дәвам итә, өченчесендә — бер мизгел генә дәвам итә, икенче очракта Ай, гомумән, Кояшны тулысынча капламый, һәм *боҗрасыман тотылу* күзәтелә. Ул чагында Айның караңгы дискысы тирәсендә Кояш дискысының балкып торган каймасы күренә.

Җир белән Ай хәрәкәтенең законнарын төгәл белү нигезендә Кояш тотылу моментлары һәм аларның кайда, ничек күренергә тиешлеге йөзләрчә елга алдан исәпләп куелган. Кояш тотылу карталары төзелгән. Аларда тулы тотылу полосасы, бер үк фазадагы тотылу күренергә тиешле сызыклар (изофазалар) һәм аларга карата һәр урын өчен тотылуның башын, ахырын һәм уртасын исәпләп чыгарырга мөмкин булган сызыклар күрсәтелгән.

Җирдә Кояш тотылу бер елда икедән алып бишкә кадәр булырга мөмкин, соңгы очракта Кояш тотылу һичшиксез өлешчә генә була. Бер үк урында тулы Кояш тотылу бик сирәк, уртача алганда, 200—300 ел эчендә бер тапкыр гына күренә.

Элек дини хорафатларга ышанучы надан кешеләрне куркуга салган тулы Кояш тотылулары фән өчен аеруча кызыклы. Аларны сугыш башлануы, ахыр заман билгеләре дип уйлаганнар.

Астрономнар, Кояшның башка вакытта турыдан-туры күзәтеп булмый торган сирәкләнгән тышкы сүрүләрен тулы тотылу фазасында секундлар эчендә, сирәк кенә очракларда минутлар

эчендә өйрәнү өчен, тулы тотылу полосасына экспедицияләр җибәрәләр. Тулы Кояш тотылу вакытында күк йөзе караңгылана, горизонт буйлап шәфәкъ нурлары бoжрасы балкый — тотылу өлешчә булган урыннарда Кояш нурлары белән яктыртган атмосфера нур чәчә башлый; Кояшның кара дискысы тирәсендә Кояш таҗының энҗедәй нурлар балкышы җәелә (69 нчы рәсемне карагыз).

Әгәр дә айның орбита яссылыгы эклиптика яссылыгы белән тәңгәл килсә, һәр яңа Ай туганда Кояш тотылу, һәр тулган Ай вакытында Ай тотылу булыр иде. Ләкин Айның орбита яссылыгы эклиптика яссылыгын 5°9′ лы почмак ясап кисә. Шуңа күрә Ай гадәттә эклиптика яссылыгыннан көньяктарак яки төньяктарак үтеп китә һәм Кояш тотылу булмый кала. Тулган Ай һәм яңа туган Ай эклиптика яссылыгы янында булганда, яртышар ел диярлек период аша, елга ике мәртәбә тотылулар булырга мөмкин.

Ай орбитасы яссылыгы пространствода әйләнә (бу — Айның Җиргә карата хәрәкәтендә Кояшның тартуы китереп чыгара торган тайпылышларның бер төре). Ул 18 елга бер тулы әйләнеш ясый. Шуңа күрә мөмкин булган тотылу периодлары ел даталары буенча үзгәрә. Борынгы заман галимнәре тотылуларның шушы 18 еллык период аша әледән-әле кабатлануын белгәннәр һәм чама белән Кояш һәм Ай тотылуның башлану вакытын алдан әйтә алганнар. Хәзерге вакытта Кояш яки Ай тотыла башлау моментын алдан исәпләп чыгарудагы ялгышу 1 с тан да кимрәк.

Алда булачак тотылулар һәм аларның күренү шартлары турындагы мәгълүматлар «Мәктәп астрономия календаре»нда бирелә.

6 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Кичә Ай тулган иде. Иртәгә Кояш тотылу булуы мөмкинме? Ә бер атнадан соң?
2. Берсекөнгә Кояш тотылу булачак. Бүген айлы төн булырмы?
3. 15 нче ноябрьдә Җирнең Төньяк полюсыннан Кояш тотылуын күзәтеп буламы? Ә 15 нче апрельдә? Җавапны аңлатырга.
4. Июньдә һәм ноябрьдә була торган Ай тотылуларын Җирнең Төньяк полюсыннан күзәтеп булырмы? Җавапны аңлатырга.
5. Ай тотылу фазасын аның гадәти бер фазасыннан ничек аерырга?
6. Җирдә Кояш тотылуларның дәвамлылыгы белән чагыштырганда, Айда Кояш тотылуларның дәвамлылыгы нинди?

7. ВАКЫТ ҺӘМ КАЛЕНДАРЬ

1. Төгәл вакыт һәм географик озынлыкны билгеләү. Астрономиядә кыска вакыт араларын үлчәү өчен төп берәмлек итеп *Кояш тәүлекләренең уртача дәвамлылыгы,* ягъни *Кояш үзәгенең ике югарыгы (яки түбәнге) кульминацияләре арасындагы уртача вакыт арасы алына.* Кояш тәүлекләренең озынлыгы ел буенча бераз үзгәреп торганга күрә, Кояш тәүлекләренең уртача дәвамлылыгын кулланырга туры килә. Ул үзгәреш Җирнең Кояш тирәсендә түгәрәк буенча әйләнмичә, эллипс буенча әйләнеп йөрүеннән һәм шул ук вакытта Җир тизлегенең аз гына үзгәреп торуыннан килә. Кояшның эклиптика буенча еллык күренмә хәрәкәтендәге тигезсезлек тә шуннан килеп чыга.

Әйтеп үткәнебезчә, Кояш үзәгенең югары кульминациядәге моменты *чын төш вакыты* дип атала. Сәгатьне дөресләү һәм төгәл вакытны белү өчен, Кояшның кульминация моментын билгеләү шарт түгел. Йолдызларның кульминация моментын билгеләү җайлырак та, төгәлрәк тә, ә теләсә кайсы йолдыз белән Кояш кульминацияләре моментының аермасы теләсә нинди вакыт өчен төгәл билгеле. Шуңа күрә төгәл вакытны белү өчен, махсус оптик приборлар ярдәмендә йолдызларның кульминация моментын билгелиләр дә, алардан чыгып, вакытны «саклаучы» сәгатьләрнең дөреслеген тикшерәләр. Күк йөзенең күзәтелә торган әйләнеше даими почмакча тизлек белән барса, югарыда әйтелгәнчә билгеләнгән вакыт бик төгәл булыр иде. Ләкин Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнү тизлегенең, димәк күк сферасының күренмә хәрәкәтенең дә, вакыт үтү белән аз гына үзгәрүе билгеле булды. Шуңа күрә хәзер төгәл вакытны «саклау» өчен махсус атом сәгатьләре кулланыла. Аларның йөрешен атомнардагы даими ешлыклы тирбәнү процесслары тикшереп тора. Кайбер обсерваторияләрнең сәгатьләре атом сәгатьләре сигналы белән тикшерелә. Атом сәгатьләре билгеләгән вакыт белән йолдызларның күренмә хәрәкәтеннән чыгып билгеләнгән вакытны чагыштыру Җир әйләнешендәге тигезсезлекне өйрәнергә мөмкинлек бирде.

Астрономик күзәтүләрдән чыгып, төгәл вакытны билгеләү, аны саклау һәм радио буенча халыкка тапшыру — *төгәл вакыт идарәләренең* бурычы. Төгәл вакыт идарәсе бик күп илләрдә бар.

3 К-382

Дингез һәм һава флоты штурманнары, төгәл вакытны белүгә мохтаҗ булган күп кенә фәнни һәм производство оешмалары төгәл вакыт сигналларын радио буенча алып торалар. Төгәл вакытны белү, аерым алганда, җир өстендәге төрле пунктларның географик озынлыгын билгеләү өчен дә кирәк.

СССРның физик географиясе курсыннан сезгә җирле вакыт, пояс вакыты һәм декретча вакыт, шулай ук ике пунктның географик озынлыклары аермасын бу пунктларның җирле вакыт аермалары буенча табу билгеле. Мондый мәсьәләләр йолдызларның кульминация моментларын күзәтүгә нигезләнгән астрономик методлар белән чишелә. Аерым пунктларның төгәл координаталарын билгеләү нигезендә Җир өстенең картографиясе төзелә.

2. Календарь. Кешеләр элек-электән үк озын вакыт араларын үлчәү өчен ай дигән берәмлектән яки Кояш елыннан, ягъни Кояшның эклиптика буенча бер әйләнеп чыгу вакытыннан файдаланганнар. Ел ел вакытлары үзгәрүнең периодик булуын күрсәтә. **Кояш елы 365 Кояш тәүлеге 5 сәгать 48 минут 46 секунд дәвам итә.** Кояш елы тәүлекләр һәм ай озынлыгы белән — Ай фазалары алышыну периоды белән — (29,5 тәүлек чамасы) практик яктан үлчәнешсез. Менә шул гади һәм уңай календарь төзүне кыенлаштыра. Кешелекнең күп гасырлар буена яшәү дәверендә төрле календарь системалары булдырылган һәм кулланылган. Аларны өч типка бүләргә мөмкин: Кояш календаре, Ай календаре һәм Кояш-Ай календаре. Борынгы Мисырда кулланылган Кояш календаре гадирәк тә, җайлырак та булган.

Календарь төзегәндә шуны исәпкә алу зарур: календарь елының дәвамлылыгы Кояшның эклиптика буенча әйләнү периодына мөмкин кадәр якын булырга, календарь елындагы Кояш тәүлекләре бөтен сан белән исәпләнергә тиеш, чөнки елны тәүлекнең төрле вакытыннан башлау бик уңайсыз булыр иде.

Александрияле астроном Созиген төзегән һәм б. э. к. 46 нчы елда Римда Юлий Цезарь керткән календарь югарыда әйтелгән шартларга туры килә. Сезгә физик география курсыннан билгеле булганча, соңга таба бу календарь *Юлиан* яки *иске стиль* календаре дигән исем алган. Бу календарьда өч тапкыр рәттән елны 365 тәүлек дип исәплиләр һәм гади ел дип атыйлар. Алар артыннан бер ел 366 тәүлектән тора дип исәпләнә, ул кәбисә

елы дип атала. Юлиан календаренда номерлары 4 кә калдыксыз бүленә торган еллар кәбисә елы була.

Бу календарьда ел уртача 365 тәүлек 6 сәгатьтән тора, ягъни чынбарлыктагыдан якынча 11 мин ка озынрак. Шуңа күрә иске стиль чынбарлыктагы вакыттан һәр 400 ел саен якынча 3 тәүлеккә артта калган.

Хәзерге вакытта дөньяның күпчелек илләрендә Григорий календаре дип аталган Кояш календаре кабул ителгән.

СССРда 1918 елда, ә күпчелек илләрдә элегрәк кабул ителгән *Григорий* календаренда (*яңа стильдә*) ике нульгә беткән еллар (боларга йөзләр саны 4 кә калдыксыз бүленә торган 1600, 2000, 2400 һ. б. ш. еллар керми) кәбисә елы дип саналмый. Шул рәвешчә 400 ел буе җыелган 3 тәүлеккә төзәтмә кертелә. Шулай итеп, яңа стильдәге елның уртача дәвамлылыгы Кояшның эклиптика буенча әйләнү периодына бик якын булып чыга.

XX гасыр башына яңа стиль белән иске стиль (Юлиан стиле) арасындагы аерма 13 тәүлеккә җитте.

Иске стиль белән яңа стиль арасындагы 13 тәүлеклек аерма XXI гасырда әле сакланачак, ә XXII гасырда 14 тәүлеккә җитәчәк.

Яңа стиль дә, билгеле, бик үк төгәл түгел, ләкин 1 тәүлеккә тигез аерма 3300 елдан соң гына җыелачак.

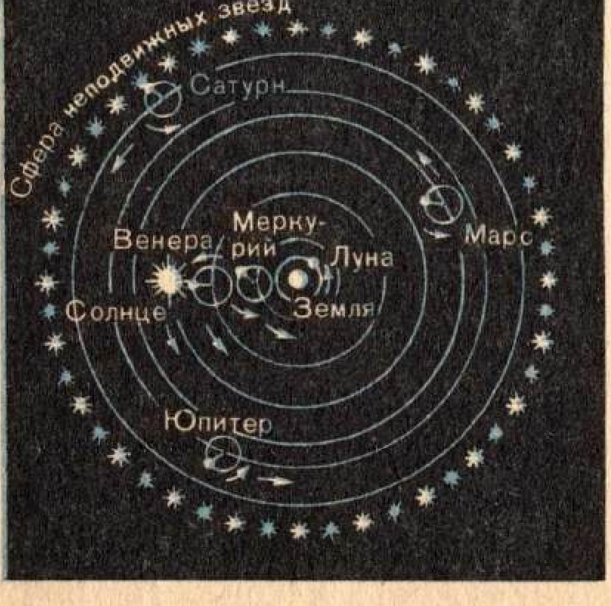
III. КҮК ҖИСЕМНӘРЕНЕҢ ХӘРӘКӘТЕ

8. ДӨНЬЯГА ФӘННИ КАРАШ ӨЧЕН КӨРӘШ

Күктәге күренешләрне дөрес итеп аңлау гасырлар буена тупланып килгән. Сез астрономиянең борынгы Мисырда, Кытайда барлыкка килүе турында, моннан шактый соңрак борынгы грек галимнәренең казанышлары, жрецларның күзәтүләре һәм аларның табигать турындагы ялган күзаллаулары һәм үзләренең бу белемнәрен үз табышлары өчен генә файдаланулары турында беләсез. Астрологияне барлыкка китерүчеләр жрецлар булган. Астрология — аерым кешеләр һәм халыкларның язмышына, характерына планеталар тәэсир итә һәм яктырткычларның торышына карап язмышны алдан әйтеп була дигән ялган тәгълимат.

Шулай ук сезгә дөньяның геоцентрик системасы да билгеле. Бу системаны безнең эраның II гасырында борынгы грек галиме *Клавдий Птолемей* эшләгән. Ул дөньяның үзәгенә шар формасындагы, ләкин хәрәкәтсез Җирне «куйган», ә барлык башка яктырткычлар Җир тирәсендә әйләнеп йөри, дип әйткән (25 нче рәсем). Планеталарның элмәксыман күренмә хәрәкәтен Птолемей ике тигез әйләнмә хәрәкәтнең кушылуы белән аңлаткан: планета үзе кечкенә әйләнә буенча, ә ул әйләнәнең үзәге, үз чиратында, Җир тирәсендә зур түгәрәк буенча әйләнеп йөри, дигән. Ләкин, планеталар торышын күзәтү мәгълүматлары туплана барган саен, Птолемей теориясен катлауландыру кирәк була, ә бу аны гаять авырайта һәм кеше ышанмаслык итә. Һаман катлаулана барган системаның күренеп торган ясалмалылыгы, теория белән күзәтүләр арасында җитәрлек ярашу булмау бу системаны

25. Птолемей буенча дөнья системасы.

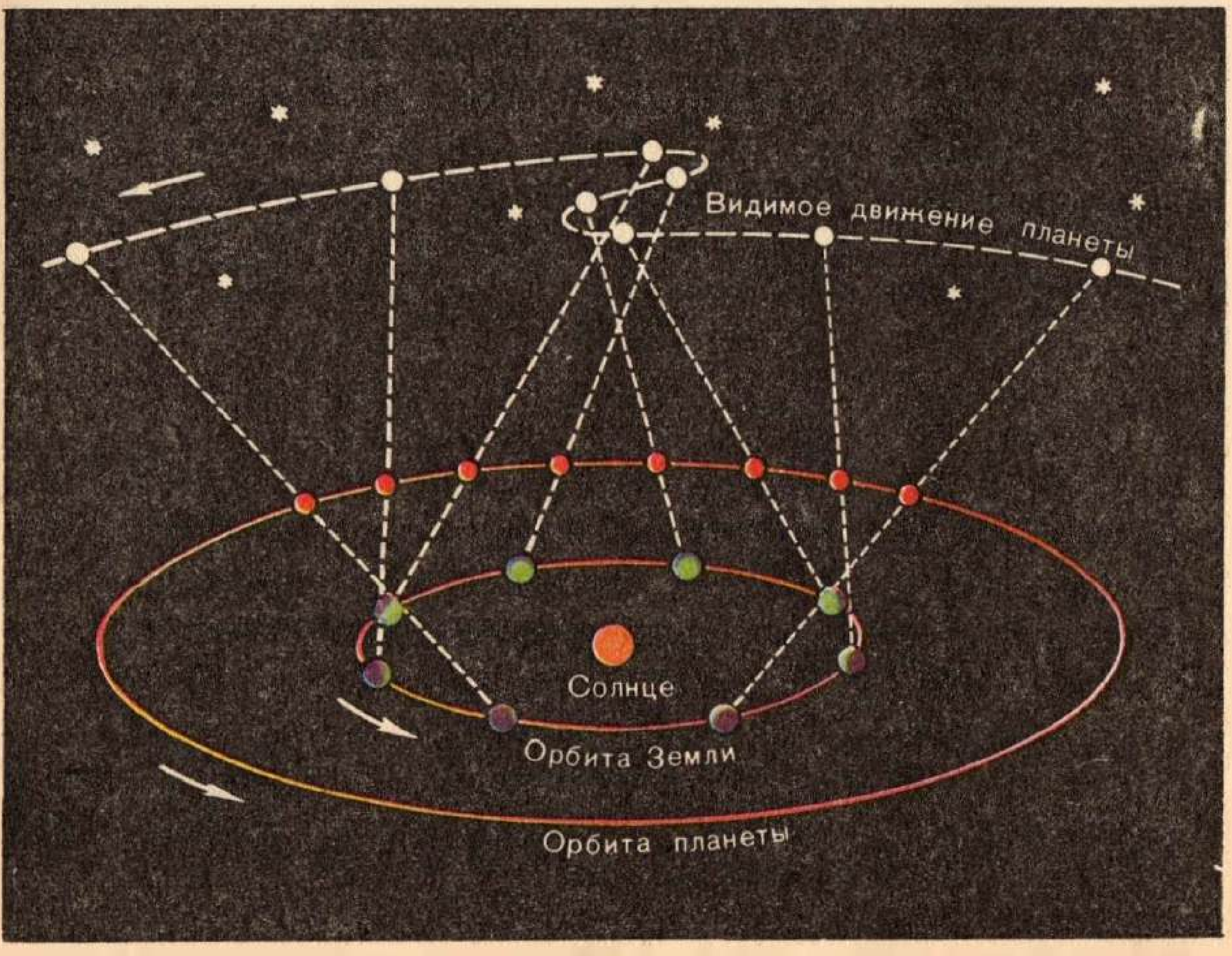


алыштыру кирәклеген таләп итә. Моны XVI гасырда бөек поляк галиме *Николай Коперник* (1473—1543) башкара.

Коперник гасырлар буена кешеләр акылын биләп килгән догматик фикерне — Җир хәрәкәтләнми дигән фикерне кире каккан. Җирне гади планеталар санына кертеп, Коперник Җирнең Кояштан өченче урында торуын, башка планеталар белән бергә Кояш тирәсендә хәрәкәт итүен, шуның өстенә үз күчәре тирәсендә дә әйләнүен күрсәткән. Ул вакытта билгеле булган күк күренешләрен һәм планеталарның күренмә элмәксыман хәрәкәтен

Николай Коперник (1473—1543). Дөньяның гелиоцентрик системасына, ягъни Җир башка планеталар белән бергә Кояш тирәсендә әйләнеп йөри дигән теориягә нигез салучы поляк астрономы.

26. Җирдән күзәткәндә планетаның күк йөзенә проекциясе элмәк сыза (сызым «яннан» проекциядә ясалган).



бары тик Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнүе һәм Кояш тирәсендә хәрәкәт итүе белән генә дөрес аңлатырга мөмкин икәнен исбат иткән (19 нчы һәм 26 нчы рәсемнәр). Астрономиядә һәм кешеләрнең дөньяга карашында Коперникның гелиоцентрик теориясе ясаган бу революция, Ф. Энгельс әйткәнчә, табигатьне тикшерүне диннән азат итте.

Күккә беренчеләрдән булып телескоп юнәлткән *Галилео Галилей* (1564—1642) үзенең ачышларын Коперник теориясен раслаучы факт дип бик дөрес бәяләгән. Мәсәлән, Галилей Венераның фазаларын ача. Ул аларның шундый алышынулары Венера Җир тирәсендә түгел, бәлки Кояш тирәсендә әйләнеп йөргән очракта гына мөмкин булуын таба. Галилей Айда таулар барлыгын белә һәм аларның биеклеген үлчи. Җир белән күк җисемнәре арасында принципиаль аерма юклыгы беленә, мәсәлән, Җирдәге тауларга охшаган таулар күк җисемнәрендә дә бар. Бу — Җирнең шундый җисемнәрнең берсе булуына ышануны ныгыта.

Галилей Юпитер планетасының дүрт иярченен ача. Аларның Юпитер тирәсендә әйләнеп йөрүе бары тик Җир генә әйләнү үзәгендә тора дигән фикерне юкка чыгара. Галилей Кояшта таплар күрә һәм, аларның күчүенә карап, Кояш үз күчәре тирәсендә әйләнә дигән нәтиҗә ясый. «Иң саф күк» эмблемасы дип саналган Кояшта таплар булу да Җир белән күк арасында принципиаль аерма бар дигән идеяне юкка чыгара.

Телескоптан караганда Киек Каз Юлы күп санлы тоныкйолдызларга таркала. Галәм кеше каршына, Аристотоль, Птолемей һәм урта гасырдагы чиркәү әһелләре уйлаганча, Җир тирәсендә әйләнә торган кечкенә дөнья булып түгел, чагыштыргысыз зур бер нәрсә булып килеп баса. Сезгә тарих һәм физика курсларыннан билгеле булганча, дөньяның төзелеше һәм күк җисемнәрендә тереклек булуы турындагы кыю философик нәтиҗәләр ясаган *Джордано Бруно* (1548—1600) чиркәү тарафыннан җәзалап үтерелә. *М. В. Ломоносов* (1711—1765) Галәм төзелеше турындагы чын белемнәрне тарату хокукы өчен чиркәү әһелләренә каршы кыю көрәш алып бара. Ломоносов үзенең зирәк һәм кызыклы сатирик шигырьләрендә прогресс, фән, культура дошманнарыннан ачы көлә.

Кеше фикерен азат итү, чиркәүнең тар догмаларына сукыр рәвештә иярүдән баш тарту, табигатьне кыю рәвештә материа-

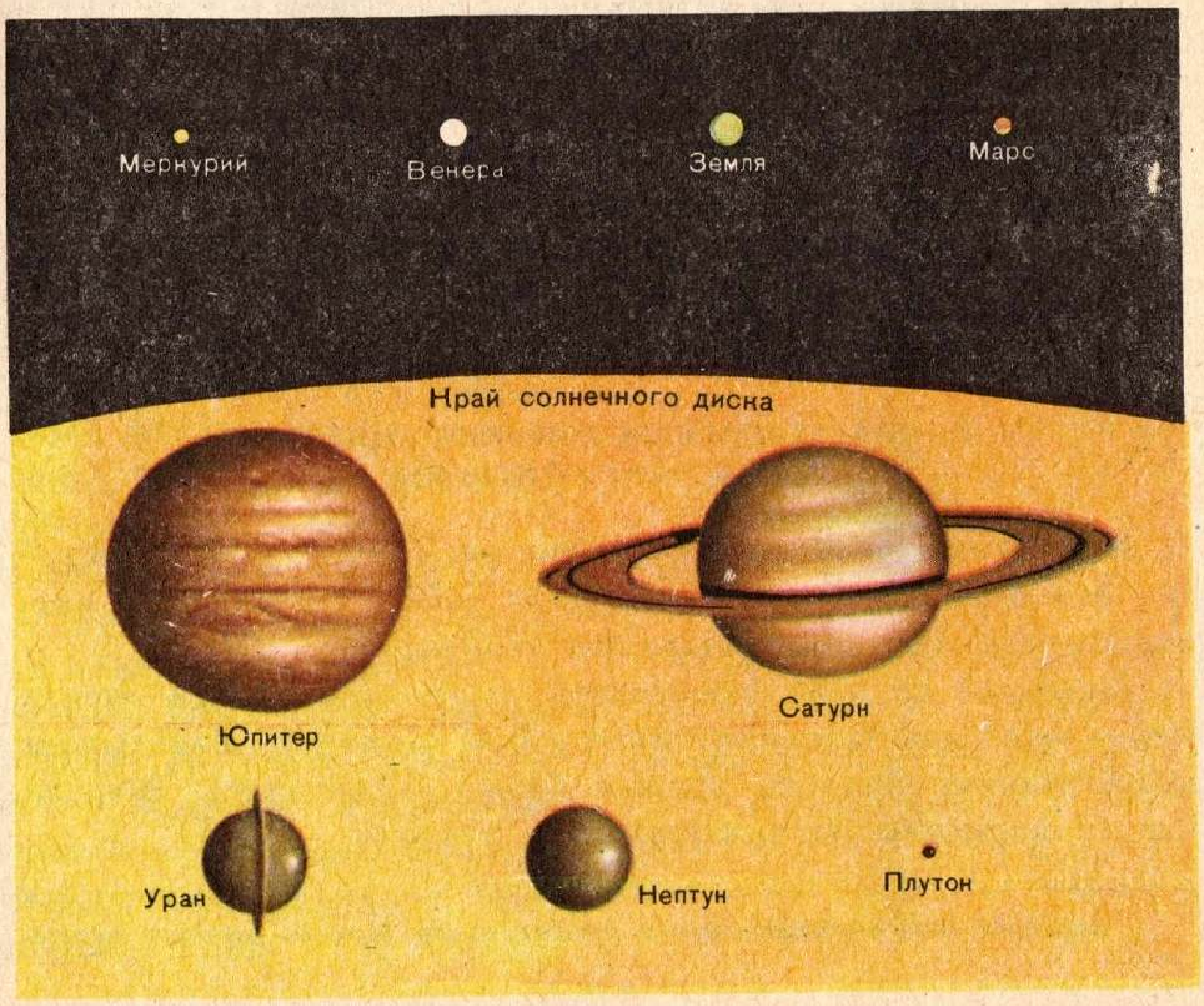
листик өйрәнүгә өндәү — Коперник, Бруно һәм Галилейның дөньяга фәнни караш өчен, бөтен кешелек дөньясы өчен уртак көрәшенең төп нәтиҗәсе ул.

9. КОЯШ СИСТЕМАСЫНЫҢ СОСТАВЫ ҺӘМ МАСШТАБЛАРЫ

Белгәнегезчә, Кояш системасын Кояш һәм иярченнәре белән бергә планеталар тәшкил итә, ә йолдызлар бездән планеталарга караганда чагыштыргысыз ерак урнашканнар. Безгә билгеле булган планеталарның иң ерагы — Плутон Җирдән Кояш белән чагыштырганда 40 тапкырераграк. Хәтта Кояшка иң якын йолдыз да бездән тагын 7000 тапкырераграк. Планеталарга һәм йолдызларга кадәр булган ераклыклар аермасын ачык итеп күз алдына китерергә кирәк.

Тугыз зур планета әйләнәдән аз гына аерыла торган эллипс буенча Кояш тирәсендә бер үк яссылыкта диярлек әйләнеп йөриләр. Кояштан ераклыклары арту тәртибендә плане-

27. Планеталарның һәм Кояшның зурлыкларын чагыштыру.



талар түбәндәгечә урнашканнар: *Меркурий, Венера, Җир, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон.* Шуның өстенә Кояш системасында кечкенә планеталар (астероидлар) күп, аларның күпчелеге Марс белән Юпитер орбиталары арасында хәрәкәт итә (баштагы форзацны карагыз). Кояш тирәсендә кометалар[1] — сирәкләнгән газдан торган гаять киң тышча белән әйләндереп алынган зур булмаган җисемнәр дә әйләнеп йөри. Аларның күбесе Кояш тирәсендә Плутон орбитасын узып китә торган эллиптик орбита буенча әйләнә. Болардан тыш, Кояш тирәсендә зурлыклары ком бөртегеннән алып вак астериод кадәр булган исәпсез-хисапсыз метеор җисемнәр әйләнеп йөри. Астероид һәм кометалар белән бергә алар Кояш системасының вак җисемнәрен тәшкил итәләр. Планеталар арасындагы пространство нык сирәкләнгән газ һәм космик тузан белән тулган. Аны магнит һәм гравитация кырларына ия булган электромагнитик нурланыш кисеп үтә.

Кояшның диаметры Җир диаметрыннан 109 тапкыр, массасы Җирнекеннән 333 000 тапкыр зуррак. Ә барлык планеталарның массасы Кояш массасының 0,1% ын гына тәшкил итә, шуңа күрә Кояшның тарту көче Кояш системасындагы барлык җисемнәрнең хәрәкәте белән идарә итә.

4 НЧЕ БИРЕМ

V кушымта буенча планеталарның Кояштан уртача ераклыклары, аларның Кояш һәм үз күчәрләре тирәсендә әйләнү периодлары, экватордагы диаметрлары һәм башка характеристикалары белән танышыгыз. 27 нче рәсемдә Кояш белән планеталарның үлчәмнәре ачык итеп күрсәтелгән.

10. ПЛАНЕТАЛАРНЫҢ КОНФИГУРАЦИЯЛӘРЕ ҺӘМ КҮРЕНҮ ШАРТЛАРЫ

1. Планеталарның конфигурацияләре. *Планеталарның, Җирнең һәм Кояшның үзара үзенчәлекле кайбер торышларын планеталарның конфигурацияләре дип атыйлар.*

Барыннан да элек, орбиталары Җир орбитасының эчендә яткан *эчке* планеталарның (Венера һәм Меркурий) һәм *тышкы* планеталарның (калган барлык башка планеталар) Җирдән күренү шартлары бик нык аерылуын искәртик.

---

[1] Борынгы грек телендә комета «тузгак чәчле йолдыз» дигәнне аңлата.

Эчке планета Җир белән Кояш арасында яки Кояш артында булырга мөмкин. Андый торышларда планета күренми, Кояш нурларында югала. Мондый торышны планетаның Кояш белән **кушылуы** дип атыйлар. *Планета түбәнге кушылуда безгә иң якында, ә югары кушылуда бездән иң еракта була* (28 нче рәсем).

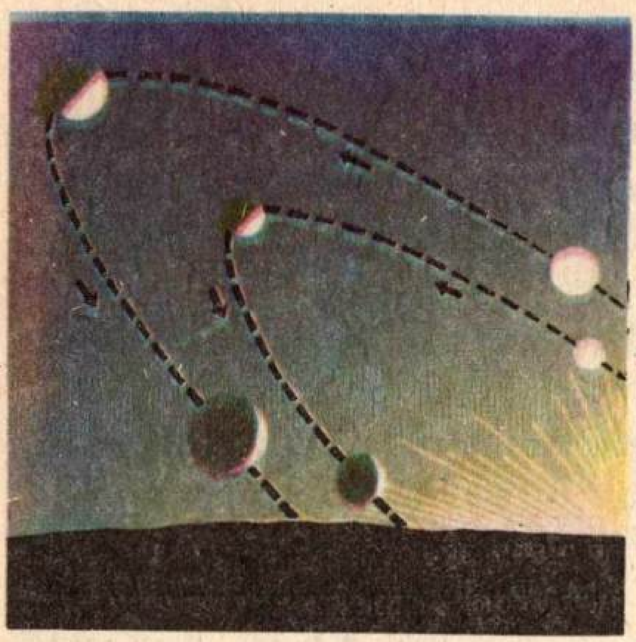
Җирдән Кояшка һәм эчке планетага үткәрелгән юнәлешләр арасындагы почмак билгеле бер зурлыктан артмый. Ул һәрвакыт кысынкы почмак булып кала. Моны күрү кыен түгел. *Бу чик почмак планетаның Кояштан иң зур ераклыкка авышуы дип атала.* Меркурийның иң зур ераклыкка авышуы 28°, Венераныкы 48°. Шуңа күрә *эчке планеталар һәрвакыт Кояшка якын,* иртән күкнең көнчыгыш ягында яки кичен көнбатыш ягында күренәләр. Кояшка якын булу сәбәпле, Меркурийны гади күз белән бик сирәк күрергә туры килә.

Күк йөзендә Венера Кояштан зуррак почмакка авыша. Ул барлык йолдыз һәм планеталардан да яктырак. Кояш баткаННан соң ул шәфәкъ нурларында күктә шактый озак була һәм хәтта шәфәкъ яктысында да ачык күренә. Таң нурларында да шулай ук яхшы күренә. Меркурийның да, Венераның да күкнең көньягында, хәтта төн уртасында да, күренмәве җиңел аңлашыла.

Әгәр Меркурий яки Венера Кояш белән Җир арасыннан үткәндә Кояш дискысына проекцияләнсә, алар анда кечкенә кара түгәрәкләр булып күренә. Ләкин Меркурийның, бигрәк тә Венераның, түбәнге кушылышта Кояш дискысы буйлап болай үтүләре бик сирәк, кимендә 7—8 елдан соң гына кабатланырга мөмкин.

28. Планеталарның конфигурацияләре.

Эчке планета Җиргә карата төрле торышларда булганда, аның Кояш белән яктыртылган ягы безгә төрлечә күренә (29 нчы рәсем). Шуңа күрә Җирдәге күзәтүчеләр өчен *эчке планеталар* Ай кебек үк *фазаларын үзгәртәләр.* Планеталар, Кояш белән түбәнге



29. Кояш баткандa. күзәтүче өчен Меркурий һәм Венера орбиталарының горизонтка карата урнашуы (планеталарның орбиталарында Кояшка карата төрле торышлардагы фазалары һәм күренмә диаметрлары күрсәтелгән).

кушылышта чакта, безгә таба яктыртылмаган яклары белән торалар һәм күренмиләр. Бу торыштан аз гына авышкач, алар урак формасында булалар. Планетаның Кояштан почмакча ераклыгы зурайган саен, уракның почмакча диаметры кечерәя, ә киңлеге артканнан-арта бара. Планетадан Кояшка һәм Җиргә таба юнәлешләр арасындагы почмак 90° булгач, без планетаның нәкъ яктыртылган яртысын күрәбез. Мондый планета югарыгы кушылышта гына үзенең көндезге ярымшары белән тулысынча безгә таба борылган була. Ләкин бу вакытта ул Кояш нурларында югала һәм күренми.

Тышкы планеталар да, Меркурий белән Венера кебек, Җиргә карата Кояш артында (аның белән бер кушылышта) булырга мөмкин, ул вакытта алар да Кояш нурларында югалалар. Алар Җир — Кояш сызыгы дәвамында да була алалар. Ул чакта Җир Кояш белән планета арасында булып чыга. Мондый конфигурация каршыда торыш дип атала. Планетаның бу торышы күзәтүләр өчен бик уңай. Чыннан да, бу вакытта планета, беренчедән, Җиргә иң якын тора һәм, икенчедән, үзенең бөтен яктыртылган ярымшары белән аңа борылган була, өченчедән, планета күкнең Кояшка капма-каршы ягында торганга күрә, ул югарыгы кульминациядә төн уртасы тирәсендә була һәм, димәк, төн уртасына кадәр дә, аннан соң да озак күренеп тора.

Планеталарның конфигурация моментлары, билгеле бер елда аларның күренү шартлары «Мәктәп астрономик календаре»нда бирелә.

2. Планеталар әйләнешенең синодик периоды һәм аның сидерик период белән бәйләнеше. Без планеталарны Җирдән күзәтәбез, ә Җир үзе Кояш тирәсендә әйләнә. Планеталарның әйләнми торган инерциаль исәп системасында яки, еш кына

әйтелгәнчә, йолдызларга карата әйләнү периодын билгеләү өчен Җирнең хәрәкәтен исәпкә алу зарур.

Планеталарның йолдызларга карата Кояш тирәсендә әйләнү периоды йолдызча яки сидерик период дип атала.

Планета Кояшка никадәр якын торса, аның сызыкча һәм почмакча тизлекләре шулкадәр зур, ә Кояш тирәсендә әйләнүенең йолдызча периоды шулкадәр к ы с к а була.

V кушымтаны тикшереп, моның дөреслегенә ышаныгыз.

Ләкин турыдан-туры күзәтүләр ярдәмендә планетаның сидерик периодын түгел, ә аның бер-бер артлы килгән бер исемдәге конфигурацияләре, мәсәлән, бер-бер артлы килгән ике очрашу (каршыда торыш) арасында үткән вакытны билгелиләр. Бу период *әйләнүнең синодик периоды* дип атала. Күзәтүләрдән планеталарның синодик периодын (S) билгеләп, исәпләүләр юлы белән аларның йолдызча әйләнү периодын (T) табалар.

Планеталар әйләнешенең синодик һәм йолдызча периодларының үзара бәйләнешен Марс мисалында карап китик.

Планеталар Кояшка никадәр якынрак торса, аларның хәрәкәт тизлеге шулкадәр зуррак була. Шуңа күрә Марсның каршыда торышыннан соң, Җир аны узып китә башлый. Ул аннан көн саен ерагая бара. Җир аны бер тулы әйләнешкә узып киткәч, яңадан каршыда торыш була.

Тышкы планетаның синодик периоды — Кояш тирәсендә әйләнгәндә, Җирнең планетаны 360° ка узып китүе өчен киткән вакыт ул.

Җирнең почмакча тизлеге (бер тәүлек эчендә сызган почмагы) $360° : T_{\oplus}$, Марсныкы — $360° : T$, монда $T_{\oplus}$ — бер елдагы көннәр саны, T — планетаның тәүлекләр белән исәпләнгән йолдызча әйләнү периоды. Әгәр S — планетаның тәүлекләр белән исәпләнгән синодик периоды булса, Җир S тәүлектән соң планетаны 360° ка узып китәр, ягъни

$$\left(\frac{360°}{T_{\oplus}} - \frac{360°}{T}\right)S = 360°, \text{ яки } \frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T}.$$

Җиргә караганда ($T_{\oplus} > T$) тизрәк әйләнеп йөрүче эчке планеталар өчен (планета Җирне узып китә):

$$\left(\frac{360°}{T} - \frac{360°}{T_{\oplus}}\right)S = 360°, \text{ яки } \frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}}$$

дип язарга кирәк. Венераның синодик периоды 584 тәүлеккә, Марсның 780 тәүлеккә тигез.

V кушымтадагы мәгълүматларны кулланып, моны тикшерегез.

7 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Юпитерның йолдызча әйләнү периоды 12 елга тигез. Аның каршыда торышы күпме вакыттан соң кабатлана?
2. Ниндидер бер планетаның синодик периоды 3 елга тигез. Планетаның Кояш тирәсендә әйләнүенең йолдызча периоды нинди?
3. Әгәр планеталар тигез булсалар, аларның йолдызча һәм синодик әйләнү периодлары нинди булырга тиеш?

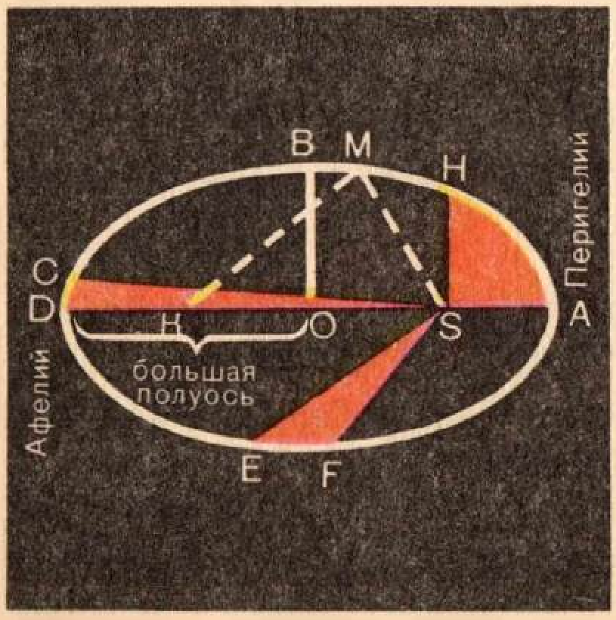
11. КЕПЛЕР ЗАКОННАРЫ

Планеталарның хәрәкәт законнарын күренекле немец галиме *Иоганн Кеплер* (1571—1630) ачкан. Марсның Кояш тирәсендә әйләнүен өйрәнеп, XVII гасыр башында Кеплер планеталар хәрәкәтенең өч законын билгеләгән.

Кеплерның беренче законы. **Һәр планета Кояш тирәсендә эллипс буенча әйләнә, бу эллипсның бер фокусында Кояш тора** (30 нчы рәсем).

Һәр ноктасының ф о к у с л а р дип аталган ике ноктадан ераклыклары суммасы даими булган йомык яссы кәкре сызыкны э л л и п с дип атыйлар. Ераклыкларның бу суммасы эллипсның зур күчәре озынлыгына (DA) тигез (30 нчы рәсем). O ноктасы — эллипсның үзәге, K һәм S — фокуслар. Бу очракта Кояш S фокусында тора. $DO = OA = a$ — эллипсның зур ярымкүчәре. Зур ярымкүчәр a планетаның Кояштан уртача ераклыгы була:

30. Мейданнар законы (Кеплерның икенче законы).



$$a = \frac{DS + SA}{2}.$$

Орбитаның Кояшка иң якын ноктасы A — п е р и г е л и й, ә аннан иң ерак ноктасы D а ф е л и й дип атала.

Эллипсның сузынкылык дәрәҗәсе аның э к с ц е н т р и-

ситетының зурлыгы белән характерлана. Эксцентриситет үзәктән фокуска кадәр ераклыкның ($OK=OS$ ның) зур ярымкүчәр озынлыгына (a га) чагыштырмасына тигез, ягъни $e=OS:OA$. Фокуслар белән үзәк тәңгәл килгәндә ($e=0$), эллипс әйләнәгә әверелә.

Планеталарның орбиталары — әйләнәдән бик аз аерыла торган эллипслар, аларның эксцентриситетлары да кечкенә була. Мәсәлән, Җир орбитасының эксцентриситеты $e=0{,}017$.

Иоганн Кеплер (1571—1630) — күренекле немец астрономы һәм математигы; планеталарның Кояш тирәсендә хәрәкәт законын ачкан. Ул Коперник тәгълиматын актив яклаучы булган, үзенең хезмәтләре белән бу тәгълиматның гамәлгә керүенә һәм үсешенә ярдәм иткән.

Кеплерның икенче законы (мәйданнар законы). **Планетаның радиус-векторы бердәй вакыт араларында бертигез мәйданнар сыза,** ягъни $\overset{\smile}{AH}$ һәм $\overset{\smile}{CD}$ дугаларын планета бердәй вакыт араларында сызган булса, SAH һәм SCD мәйданнары үзара тигез (30 нчы рәсем). Ләкин тигез мәйданнарны чикләүче бу дугаларның озынлыгы төрлечә: $\overset{\smile}{AH}>\overset{\smile}{CD}$. Димәк, планеталар хәрәкәтенең сызыкча тизлеге орбитаның төрле урыннарында төрлечә. Планета Кояшка никадәр якынрак булса, аның орбитадагы хәрәкәт тизлеге дә шулкадәр зуррак. *Планетаның иң зур тизлеге перигелийда, иң кечкенәсе афелийда була.* Шулай итеп, Кеплерның икенче законы планетаның эллипс буенча хәрәкәт итү тизлеге үзгәрүен микъдар ягыннан билгели.

Кеплерның өченче законы. **Планеталарның йолдызча әйләнү периодларының квадратлары чагыштырмасы орбиталарының зур ярымкүчәрләре кублары чагыштырмасы кебек була.** Әгәр бер планета орбитасының зур ярымкүчәрен һәм периодын a_1, T_1 дип, икенчесенекен a_2, T_2 дип тамгаласак, өченче законның формуласы түбәндәгечә булыр:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Кеплерның өченче законы планеталарның Кояштан уртача ераклыкларын аларның йолдызча әйләнү периодлары белән бәйли һәм барлык планета орбиталарының зур ярымкүчәрләрен Җир орбитасының зур ярымкүчәре берәмлеге белән исәпләргә мөмкинлек бирә. **Җир орбитасының зур ярымкүчәрен ераклыкның астрономик берәмлеге дип йөртәләр** ($a_{\oplus}=1$ а.б.).

Аның километрлар белән исәпләнгән кыйммәтен соңрак, бары XVIII гасырда гына, билгеләгәннәр.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. **Нинди дер планетаның каршы торышы 2 елдан соң кабатлана. Орбитасының зур ярымкүчәре күпмегә тигез?**

Бирелгән:
$S = 2$ ел
$T_{\oplus} = 1$ ел
$a_{\oplus} = 1$ а. б.

a — ?

Чишү.

Орбитаның зур ярымкүчәрен Кеплерның өченче законын кулланып табарга була: $\frac{T^2}{T_{\oplus}^2}=\frac{a^3}{a_{\oplus}^3}$; $a^3=\frac{a_{\oplus}^3 T^2}{T_{\oplus}^2}$;
йолдызча периодны сидерик һәм синодик периодлар арасындагы бәйлелектән табабыз:

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{T_{\oplus}}-\frac{1}{T}, \quad T=\frac{T_{\oplus}\cdot S}{S-T_{\oplus}}. \quad T=\frac{1\ \text{ел}\cdot 2\ \text{ел}}{2\ \text{ел}-1\ \text{ел}}=2\ \text{ел}.$$

$$a=\sqrt[3]{\frac{(1\ \text{а. б.})^3\,(2\ \text{ел})^2}{(1\ \text{ел})^2}}\approx 1{,}59\ \text{а. б.}$$

Җавап: $a \approx 1{,}59$ а. б.

8 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Марс Кояштан, Җиргә караганда, 1,5 тапкыр ераграк. Марста ел озынлыгы күпме? Планеталарның орбитасын түгәрәк дип исәпләргә.
2. Җирнең ясалма иярчене орбитасының иң биек ноктасы Җирдән — 5000 км, ә иң түбәне — 300 км. Иярченнең әйләнү периодын табыгыз. Җирне 6370 км радиуслы шар дип алырга. Иярчен хәрәкәтен Айның әйләнеп йөрүе белән чагыштырыгыз.
3. Планетаның синодик периоды 500 тәүл. Орбитасының зур ярымкүчәрен һәм әйләнүенең йолдызча периодын табыгыз.

12. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ҖИСЕМНӘРГӘ КАДӘР ЕРАКЛЫКНЫ ҺӘМ АЛАРНЫҢ ҮЛЧӘМНӘРЕН БИЛГЕЛӘҮ

1. Ераклыкларны билгеләү. Кеплерның өченче законыннан файдаланып, барлык планеталарның Кояштан уртача ераклыгын астрономик берәмлекләрдә исәпләп була. *Җирдән Кояшка кадәрге уртача ераклыкны* километрларда билгеләп (ягъни 1 а.б.

кыйммәте), шул берәмлекләр белән Кояш системасындагы барлык планеталарга кадәр булган ераклыкларны табарга мөмкин.

Безнең гасырның 40 нчы елларыннан башлап, радиотехника күк җисемнәренә кадәр ераклыкны радиолокация ярдәмендә билгеләргә мөмкинлек бирүе турында сез физика курсыннан беләсез. Совет һәм Америка галимнәре радиолокация ярдәмендә Меркурий, Венера, Марс һәм Юпитерга кадәр ераклыкларны дөресләделәр.

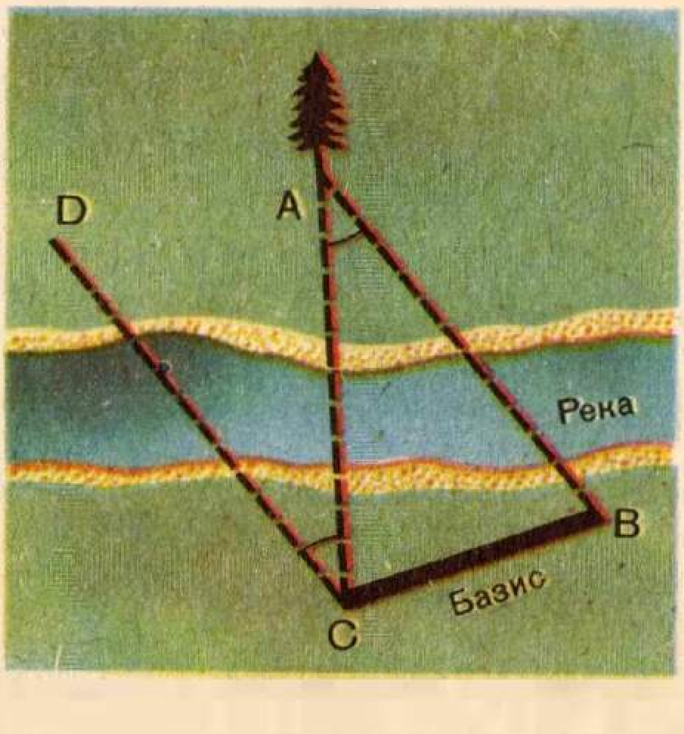
Радиолокацион сигналның үтү вакытын белеп, объектка кадәрге ераклыкны ничек билгеләргә була? Шуны искә төшерегез. ?

Ераклыкларны геометрик юл белән почмак үлчәп билгеләү хәзергәчә классик ысул булып кала. Радиолокация методын кулланып булмый торган ерак йолдызларга кадәр араны да шушы ысул белән билгелиләр. Геометрик ысул *параллактик тайпылыш* күренешенә нигезләнә.

Күзәтүче күчкәндә әйбергә таба булган юнәлешнең үзгәрүе параллактик тайпылыш дип атала (31 нче рәсем).

Вертикаль тотылган карандашка башта бер, аннан икенче күзегез белән карагыз. Ераграк әйберләр фонында карандашның торышы үзгәрүен, аңа таба юнәлешнең үзгәрүен күрерсез. Карандашны ераграк тоткан саен, параллактик тайпылыш та кечерәя барыр. Күзәтү нокталары бер-берсеннән никадәр ераграк торса, ягъни **базис** никадәр зуррак булса, бер үк ераклыктагы предметның параллактик тайпылышы шулкадәр зуррак. Безнең мисалда күзләребезнең арасы базис итеп алынды. Кояш системасындагы җисемнәргә кадәр ераклыкларны үлчәү өчен базис итеп Җир радиусын алу уңай. Яктырткычның, мәсәлән Айның, ерак йолдызлар фонындагы торышын бер үк

31. Янына барып булмый торган предметның ераклыгын параллактик тайпылыш ярдәмендә үлчәү.



вакытта төрле ике пункттан күзәтәләр. Алар арасындагы ераклык мөмкин кадәр зуррак булырга, ә аларны тоташтыручы кисемтә яктырткыч юнәлеше белән параллактик тайпылышы иң зур булырлык туры почмакка мөмкин кадәр якынрак булган почмак төзергә тиеш. *A* һәм *B* (32 нче рәсем) нокталарыннан күзәтелә торган объектка булган юнәлешне билгеләп, Җир радиусына тигез ераклыкның күренү почмагын — *p* ны исәпләп чыгарырга була.

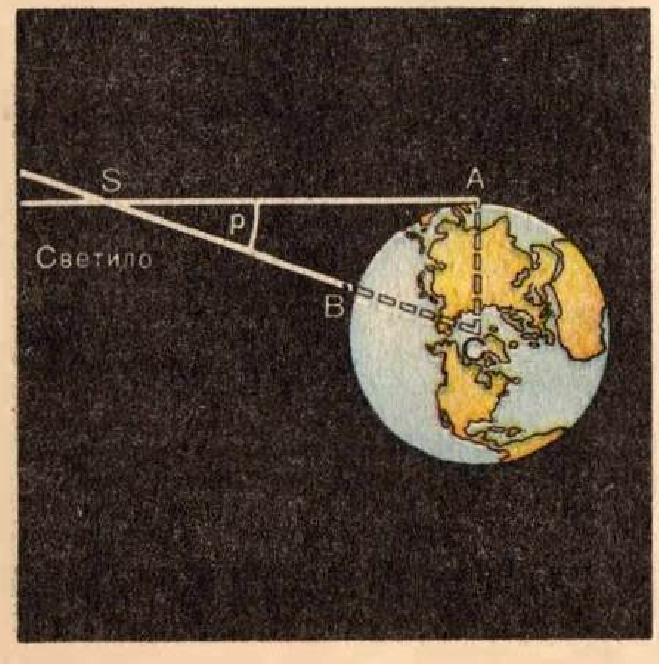
Димәк, күк җисемнәренә кадәрге ераклыкларны билгеләү өчен, базисның кыйммәтен — планетабызның радиусын белергә кирәк.

2. Җирнең үлчәме һәм формасы. Космоста төшереп алынган фоторәсемнәрдә Җир Кояш тарафыннан яктыртылган шар рәвешендә күренә һәм, Ай кебек үк, Җирнең дә фазалары бар (42 нче һәм 43 нче рәсемнәрне кара).

Җир өслегенең төрле урыннарында 1° лы дуганың озынлыгын километрларда үлчәү, ягъни *градуслы үлчәнеш,* Җирнең формасы һәм үлчәме турында төгәлрәк мәгълүмат бирә. Бу ысулны безнең эрага кадәр III гасырда ук Мисырда яшәгән грек галиме *Эратосфен* кулланган. Хәзер бу ысул *геодезиядә* зур төгәллек белән кулланыла. Геодезия — Җирнең формасын һәм аның кәкрелеген исәпкә алып, Җир өстендә үлчәү эшләре башкару турындагы фән.

Тигез урында бер үк меридианда ята торган ике пункт алалар да алар арасындагы дуганың градуслар белән һәм километрлар белән үлчәнгән озынлыгын табалар. Шуннан соң 1° ка тигез дуганың озынлыгы ничә километрга туры килүен исәплиләр. Меридиан дугасының пунктлар арасындагы градуслар белән алынган озынлыгы аларның географик киңлекләре аермасына тигез: $\Delta\varphi=\varphi_1-\varphi_2$. Әгәр үлчәнә торган дуганың километрлар белән исәпләнгән озынлыгы *l*, градуслар белән үлчәнеше $\Delta\varphi$ булса, шар формасындагы Җир-

32. Яктырткычның горизонталь параллаксы.



нең 1° лы дугасына $n = l:\Delta\varphi$ километр озынлык туры килә. Җир меридианы әйләнәсенең озынлыгы $L = 360°n$ булыр. Шуны 2π гә бүлсәк, Җир радиусын табарбыз.

Меридианның иң зур дугаларыннан берсе (Төньяк Боз океаныннан Кара дингезгә кадәр) Россиядә һәм Скандинавиядә XIX гасырның урталарында Пулково обсерваториясе директоры *В. Я. Струве* (1793—1864) җитәкчелегендә үлчәнә. Бөек Октябрь социалистик революциясеннән соң безнең илебездә бик зур геодезик үлчәү эшләре башкарылды.

Градуслы үлчәнешләрдән күренгәнчә, 1° меридианның километрлар белән алынган озынлыгы поляр өлкәләрдә иң зур (111,7 км), экваторда иң кечкенә (110,6 км) була. Димәк, экваторда Җир полюслардагыга караганда кабарынкырак. Бу — Җирнең шар булмавын күрсәтә. Җирнең экваториаль радиусы поляр радиусыннан 21,4 км га озынрак. Шуңа күрә башка планеталар кебек Җир дә үз күчәре тирәсендә әйләнүе аркасында полюсларда кысылган.

Планетабызга тигез зурлыктагы шарның радиусы 6370 км. Бу зурлык Җир радиусы дип санала.

9 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Әгәр астрономнар географик киңлекне 0,1″ ка кадәр төгәллек белән үлчи алсалар, бу меридиан буенча километр белән исәпләгәндә мөмкин булган нинди хатага тиңдәш булыр?

2. 1′ экватор дугасы озынлыгына тигез булган диңгез миленең озынлыгын километрларда исәпләп чыгарыгыз.

3. Параллакс. Астрономик берәмлекнең кыйммәте. ***Күрү нурына перпендикуляр булган Җир радиусының яктырткычтан күренү почмагы горизонталь параллакс дип атала.***

Яктырткыч никадәр ераграк булса, *p* почмагы шулкадәр кечкенәрәк. *C* һәм *B* нокталарындагы (31 нче рәсем) күзәтүчеләр өчен $\angle CAB$ параллактик тайпылыш булган кебек, *A* һәм *B* нокталарында урнашкан күзәтүчеләр өчен *p* почмагы яктырткычның параллактик тайпылышына тигез. *CAB* почмагы аңа тигез *DCA* почмагы буенча билгеләнә. Алар параллель турылар янындагы почмаклар буларак тигез ($DC \parallel AB$, төзү буенча).

Яктырткычка кадәр ераклык (32 нче рәсемне кара)

$$SC = D = \frac{R_{\oplus}}{\sin p},$$

биредә $R_{\oplus}$ — Җир радиусы. R ны берәмлеккә тигез итеп алып, яктырткычка кадәр ераклыкны Җир радиусы аша аңлатырга була.

Айның горизанталь параллаксы 57′. Кояш һәм барлык башка планеталар шактый ерак, аларның параллаксы дуга секундлары белән исәпләнә. Кояшның параллаксы $p_{\odot}=8{,}8''$. Кояш параллаксына Кояштан Җиргә кадәрге ераклык туры килә. **Аны түгәрәкләп 150 000 000 км дип алалар.** Бу ераклык **бер астрономик берәмлек (1 а. б.) итеп алынган.** Кояш системасындагы җисемнәр арасындагы ераклыкларны еш кына астрономик берәмлекләр белән үлчиләр.

Почмак кечкенә булганда, $\sin p \approx p$, монда p радианнарда бирелгән. Әгәр p дуга секундлары белән исәпләнсә, $\sin 1''=\frac{1}{206265}$ тапкырлаучысы кертелә, 206 265 — бер радиандагы секундлар саны.

Ул вакытта $\sin p = p \sin 1'' = \frac{p}{206265''}$.

Бу бәйләнешләрне белү параллаксның билгеле зурлыгы буенча ераклыкларны исәпләүне җиңеләйтә: $D=\frac{206265''}{p}R_{\oplus}$.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. Горизонталь параллаксы 0,9″ ка тигез булганда, Сатурн Җирдән нинди ераклыкка торыр?

Бирелгән:	Чишү.
$p=0{,}9''$	Билгеле булганча, Кояшның параллаксы $p_{\odot}=8{,}8''$, ераклыгы $D_{\odot}=1$ а. б.
D — ?	Ул вакытта $D=\frac{206265''}{p}R_{\oplus}$ формуласы ярдәмендә $\frac{D}{D_{\odot}}=\frac{p_{\odot}}{p}$ ны табабыз. Моннан $D=\frac{D_{\odot}\cdot p_{\odot}}{p}$ була.

$$D=\frac{1 \text{ а. б}\cdot 8{,}8''}{0{,}9''}\approx 9{,}8 \text{ а. б.}$$

Җавап: $D\approx 9{,}8$ а. б.

10 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Юпитер Җиргә караганда Кояштан 5 тапкыр ераграк торса, каршыда торыш вакытында, Җирдән күзәткәндә, Юпитерның горизонталь параллаксы күпмегә тигез?

2. Ай үз орбитасының Жиргә иң якын ноктасында (перигейда) — Җирдән 363 000 км да, ә иң ерак ноктасында (апогейда) 405 000 км ераклыкта була. Бу торышларда Айның горизонталь параллаксы зурлыгын билгеләгез.

4. Яктырткычларның үлчәмен билгеләү. 33 нче рәсемдә T — Җир үзәге, M — сызыкча радиусы r булган яктырткыч үзәге. Горизонталь параллакс билгеләмәсе буенча, Җир радиусы R яктырткычтан p почмагы белән күренә. Ә яктырткычның радиусы r Җирдән ρ почмагы белән күренә.

$$D = \frac{R}{\sin p} \text{ һәм } D = \frac{r}{\sin \rho}$$

дан

$$r = \frac{\sin \rho}{\sin p} R$$

икәне аңлашыла. Әгәр ρ һәм p почмаклары кечкенә булса, синуслар почмакларга пропорциональ була һәм без

$$r = \frac{\rho}{p} R$$

дип яза алабыз.

Яктырткычларның үлчәмнәрен билгеләүнең бу ысулын яктырткыч диск формасында күренгәндә генә файдаланырга мөмкин.

Шулай итеп, яктырткычка кадәр ераклыкны (D) белгәндә, аның почмакча радиусы ρ ны үлчәп, сызыкча радиусы r ны исәпләп чыгарырга була: $r = D \sin \rho$, яки әгәр ρ почмагы радианнарда үлчәнгән булса, $r = D\rho$.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. **Ай 400 000 км ераклыктан 0,5° почмак белән күренсә, аның сызыкча диаметры күпме булыр?**

Бирелгән:	Чишү.
$D = 400\,000$ км $\rho = 0{,}5°$ d — ?	Әгәр ρ радианнарда бирелгән булса, $d = D\rho$. Димәк, $d = \frac{400\,000 \text{ км} \cdot 0{,}5 \cdot 3600''}{206265''} = 3490$ км. Җавап: $d = 3490$ км.

11 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Почмакча диаметрлары тигез, горизонталь параллакслары тиңдәшле рәвештә 8,8 ″ һәм 57′ булса, Кояш Айдан ничә мәртәбә зуррак?

2. Кояшның Плутоннан күренә торган почмакча диаметры күпмегә тигез?
3. Меркурий Кояштан, Марска карагандa, 1 $м^2$ га ничә мәртәбә күбрәк энергия ала? Кирәкле мәгълүматларны кушымталардан алыгыз.
4. *B* һәм *A* нокталарында Җирдән торып күзәтүче яктырткычны күк йөзенең кайсы нокталарында күрер (32 нче рәсем)?
5. Әгәр Җир белән Марс орбиталарының эксцентриситетлары тиңдәшле рәвештә 0,017 һәм 0,093 булса, Кояшның Җирдән һәм Марстан күренә торган почмакча диаметры перигелийдан афелийга таба нинди чагыштырмада үзгәрә?

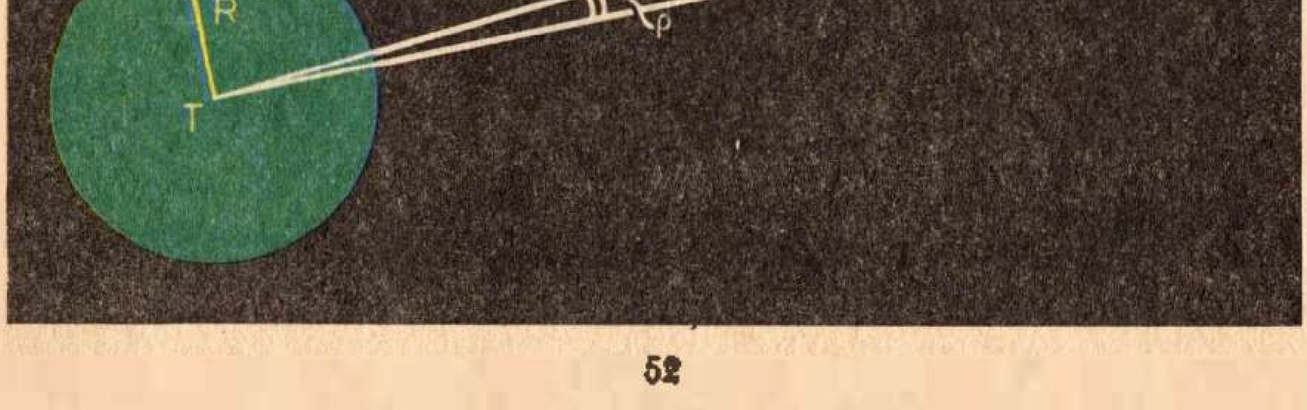
5 НЧЕ БИРЕМ

1. Транспортир белән $\angle DSA$ (31 нче рәсем) һәм $\angle ASC$ (32 нче рәсем) почмакларын, линейка белән базисның озынлыгын үлчәгез. Шул үлчәүләр буенча тиңдәшле рәвештә *CA* һәм *SC* ераклыкларын исәпләп чыгарыгыз да, турыдан-туры рәсем буенча үлчәп, нәтиҗәне тикшерегез.
2. 33 нче рәсемдә *p* һәм ρ почмакларын транспортир белән үлчәгез һәм шул зурлыклар буенча рәсемдәге җисемнәрнең диаметрлары чагыштырмасын табыгыз.
3. 34 нче рәсемдә бирелгән эллиптик орбиталар буенча хәрәкәт итә торган ясалма иярченнәрнең зур күчәрләрен линейка белән үлчәп һәм Җирнең радиусын 6370 км га тигез дип алып, аларның әйләнү периодларын билгеләгез.

13. КҮК ҖИСЕМНӘРЕНЕҢ ТАРТЫЛУ КӨЧЕ ТӘЭСИРЕНДӘ ХӘРӘКӘТЕ

1. Космик тизлекләр һәм орбиталарның формасы. Планеталар хәрәкәтенең Кеплер ачкан законнарын анализлау нәтиҗәсендә һәм Ай хәрәкәтен күзәтүләрдән чыгып, *И. Ньютон* (1643—

33. Күктәге яктырткычларның почмакча үлчәнешләре буенча сызыкча үлчәнешләрен билгеләү.



1727) бөтендөнья тартылу законын ачкан. Физика курсыннан белгәнегезчә, бу закон буенча **Галәмдәге барлык җисемнәр үз массаларының тапкырчыгышына туры пропорциональ, ә алар арасындагы ераклыкның квадратына кире пропорциональ көч белән бер-берсенә тартыла:**

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2},$$

биредә m_1 һәм m_2 — ике җисемнең массасы, r — алар арасындагы ераклык, G — пропорциональлек коэффициенты, ул гравитацион константа дип атала. Аның санча зурлыгы көч, масса һәм ераклыкның нинди берәмлекләрдә алынуына бәйле. Бөтендөнья тартылу законы планеталар һәм кометаларның Кояш тирәсендә, иярченнәрнең планеталар тирәсендә, икеле һәм кабатлы йолдызларның гомуми авырлык үзәкләре тирәсендә хәрәкәт итүләрен аңлата. Ньютон үзара тартылу тәэсирендә җисемнәрнең бер-берсенә карата *эллипс* буенча (аерым очракта *түгәрәк*), парабола һәм гипербола буенча хәрәкәт итә алуларын исбат иткән. Ньютон исбат иткәнчә, *җисем орбитасының формасы орбитаның шул урынында җисемнең тизлегенә бәйле.*

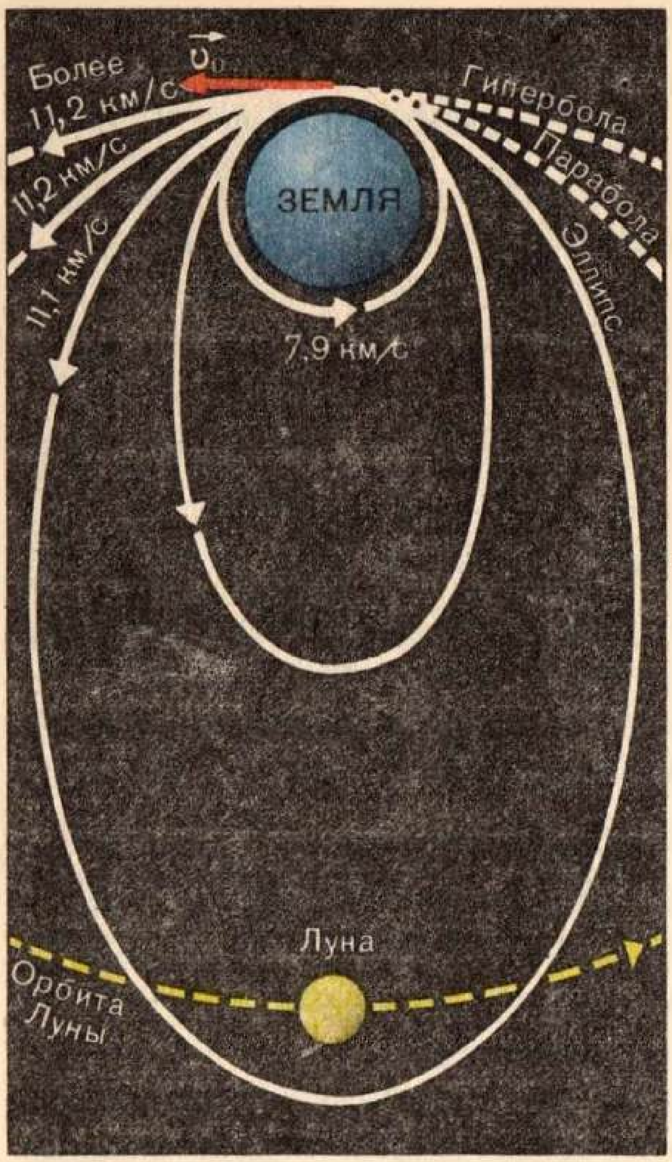
Билгеле бер тизлеккә ия булган җисем тарту үзәге тирәсендә *әйләнә* буенча хәрәкәт итә. *Беренче космик тизлек* яки *түгәрәктәге тизлек* дип аталган мондый тизлекне Җирнең ясалма иярченнәре итеп җибәрелгән җисемнәргә бирәләр. (Беренче космик тизлекне исәпләү формуласы сезгә физика курсыннан билгеле.) Беренче космик тизлек Җир өслеге янында 8 км/с (7,9 км/с) чамасы.

Әгәр җисемгә түгәрәктәге тизлектән $\sqrt{2}$ тапкыр зуррак булган (11,2 км/с) *икенче космик* тизлек яки *параболик* тизлек дип аталган тизлек бирелсә, ул Җирдән бөтенләйгә ераклашып, Кояш иярчене булып китәргә мөмкин. Бу очракта җисем Җиргә карата *парабола* буенча хәрәкәт итә. Җиргә карата тагын да зуррак тизлек бирелгәндә, җисем *гипербола* буенча очачак.

Җир орбита буенча уртача 30 км/с тизлек белән хәрәкәт итә. Җир орбитасының формасы әйләнәгә якын, ә Җирнең орбитадагы тизлеге Җирдән Кояшка кадәр ераклыктагы әйләнмә тизлек чамасында. Җир өчен параболик тизлек $30\sqrt{2}$ км/с $\approx$ $\approx$ 42 км/с ка тигез. Кояшка карата мондый тизлек биргәндә Җир орбитасындагы җисем Кояш системасыннан чыгып ук китәр.

2. Планеталар хәрәкәтендәге тайпылышлар. Кеплер законнары изолирланган ике җисемнең хәрәкәтен бу җисемнәрнең үзара тартылу тәэсиреннән чыгып караганда гына төгәл үтәлә. Кояш системасында планеталар күп, һәм алар Кояшка гына тартылып калмыйлар, бәлки бер-берсенә дә тартылалар. Шуңа күрә алар нәкъ Кеплер законнары буенча гына хәрәкәт итмиләр.

Нәкъ Кеплер законнарынча булырга тиешле хәрәкәттән читкә китүләр тайпылыш дип атала. Кояш системасында тайпылышлар зур түгел, чөнки һәр планетаның Кояшка тартылуы башка планеталар тартуыннан күп көчле.



34. Орбита формасының объектның башлангыч тизлегенә бәйлелеге.

Кояш системасындагы иң зур тайпылышларны Җирдән 300 тапкыр массиврак булган Юпитер планетасы китереп чыгара. Астероидлар һәм кометалар Юпитерга якын килгәндә, ул аларның хәрәкәтенә бигрәк тә нык тәэсир итә. Аерым алганда, кометаның Юпитер тартуы аркасында барлыкка килгән тизләнеше аның Кояшка таба тизләнеше белән бер юнәлештә булса, кометаның тизлеге шундый артырга мөмкин, ул, гипербола буенча хәрәкәт итеп, Кояш системасыннан бөтенләйгә китә. Юпитер тартуы нәтиҗәсендә кометаның тоткарлану очраклары да булгалый, андый вакытларда комета орбитасының эксцентриситеты кечерәя, ә әйләнү периоды кинәт кими.

Планеталарның күренмә торышларын исәпләгәндә, тайпылышларны исәпкә алырга туры килә. Хәзер андый эшләрне башкаруга тиз исәпли торган электрон-исәпләү машиналары ярдәм итә. Ясалма күк җисемнәрен җибәргәндә һәм аларның траекторияләрен исәпләгәндә, күк җисемнәренең хәрәкәт теория

сеннән, аерым алганда тайпылышлар теориясеннән, файдаланалар.

Планетаара автомат станцияләрне алдан исәпләп куелган теләсә нинди траекторияләр буенча җибәрү, хәрәкәттәге тайпылышларны да исәпкә алып, аларны куелган максатка җиткерү — болар барысы да табигать законнарын танып белергә мөмкин булуның ачык мисалы. Дингә ышанучыларның уйлавынча, аллалар гына яши торган күк, Җир кебек үк, кешенең хезмәт мәйданына әверелде. Дин һәрвакыт Җир белән күкне бер-берсенә капма-каршы куйды һәм кеше күккә беркайчан да күтәреләалмас дип белдерде. Хәзер планеталар арасында кеше кулы белән барлыкка китерелгән һәм турыдан-туры яки зурераклыклар аша радио буенча идарә ителә торган ясалма күк җисемнәре әйләнеп йөри.

3. Нептун планетасын ачу. Нептун планетасының барлыгын кабинетта исәпләүләр юлы белән «каләм очында» ачу фән казанышларының иң ачык мисалларыннан берсе, табигатьне танып белүнең чиксезлеге дәлилләреннән берсе булды.

Уран — Сатурн артындагы планета. Күп гасырлар буе иң ерактагысы дип саналган бу планетаны XVIII гасыр ахырында В. Гершель ачкан. Гади күзгә Уран бик начар күренә. XIX гасырның 40 нчы елларында үткәрелгән төгәл күзәтүләр Уранның билгеле булган барлык планеталар тәэсирендәге тайпылышларын күздә тотып исәпләнгән юлдан бераз авышуын күрсәтә. Күк җисемнәре хәрәкәтенең шундый нык һәм төгәл теориясе шик астына алына.

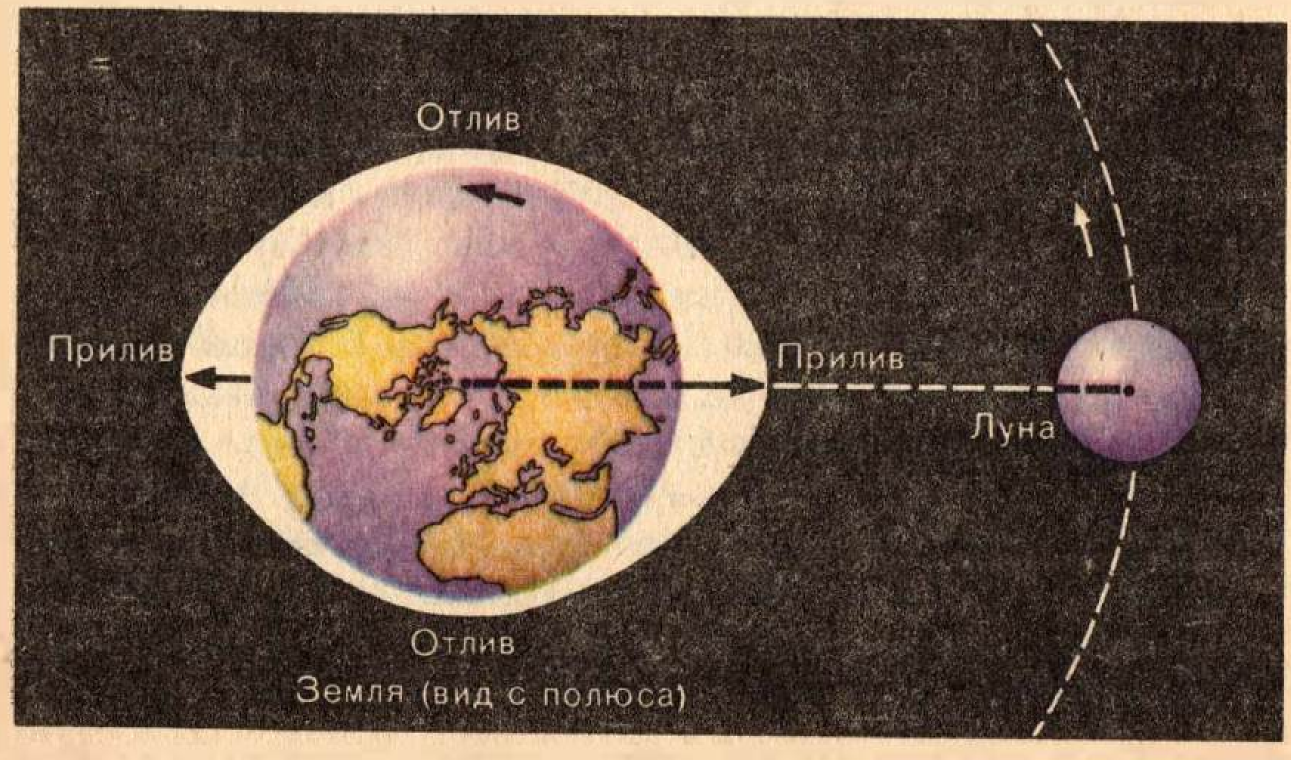
Франциядә Леверье һәм Англиядә Адамс, Уран хәрәкәтендәге авышуны билгеле планеталар тәэсире нәтиҗәсендәге тайпылышлар белән аңлатып булмагач, димәк, аңа тагын билгесез бер җисемнең тартуы тәэсир итә дигән фикергә килгәннәр. Алар бер үк вакытта диярлек үзенең тарту көче белән бу авышуларны китереп чыгаручы билгесез җисемнең Уран артында кайда булырга тиешлеген исәпләп чыгарганнар һәм билгесез планетаның орбитасын, массасын исәпләгәннәр, аның күк йөзендә билгеле бер вакыттагы урынын күрсәткәннәр. Бу планета 1846 елда нәкъ алар әйткән урында табылган. Аны Нептун дип атаганнар. Гади күз белән Нептунны күреп булмый. Шулай итеп, теория белән практика арасындагы әлеге каршылык, материалистик фәннең абруен төшергән кебек күренгән булса да, фәннең тантанасына китергән.

4. Күтәрелешләр. Җисем кисәкчекләренең үзара тартышуы тәэсирендә шар формасына керергә тиеш. Шуңа күрә Кояш, планеталар, аларның иярченнәре һәм йолдызларның формалары шарга якын. Җисемнәрнең әйләнүе (физик тәҗрибәләрдән белгәнегезчә) аларның яньчелүенә, әйләнү кучәре буйлап кысылуларына китерә. Шуңа күрә Җир шары полюслары тирәсендә азрак кысылган, ә тиз әйләнә торган Юпитер һәм Сатурн барыннан да күбрәк кысылганнар.

Ләкин планетаның формасы үзара тартылу көчләре тәэсиреннән дә үзгәрергә мөмкин. Шар формасындагы җисем (планета) тулысы белән башка җисемнең гравитацион тартуы тәэсирендә, барлык тарту көче аның үзәгенә куелгандагы кебек, хәрәкәт итә. Ләкин планетаның аерым өлешләре тартучы җисемнән төрле ераклыкта, шуңа күрә аларның гравитацион тизләнеше дә төрлечә була һәм бу хәл планетаны деформацияләргә омтылучы көчләрне барлыкка китерә. *Башка җисемнең тартуы тәэсирендә планетаның билгеле бер ноктасында һәм үзәгендә барлыкка килгән тизләнешләр аермасы күтәрелеш тизләнеше дип атала.*

Мисал өчен Җир — Ай системасын карап китик. Җир үзәгендәге масса элементы Айга Җирнең Ай ягындагы шундый ук элементыннан азрак, ә Айга капма-каршы яктагы шундый ук

35. Ай китереп чыгарган күтәрелешләр схемасы.



элементтан көчлерәк тартылачак. Нәтиҗәдә Җир, беренче чиратта Җирнең су сүрүе, аны Ай белән тоташтыра торган сызык буенча ике якка таба да бераз сузыла. Аңлаешлы булсын өчен 35 нче рәсемдә океан бөтен Җирне каплаган итеп бирелгән. Җир — Ай сызыгында яткан нокталарда су өсте тигезлеге барыннан да биегрәк — анда күтәрелешләр. Яссылыгы Җир үзәге аша үтүче һәм Җир — Ай сызыгы юнәлешенә перпендикуляр түгәрәк буйлап су өсте тигезлеге барыннан да түбәнрәк — анда чигенешләр. Җирнең тәүлеклек әйләнеше вакытында күтәрелешләр һәм чигенешләр полосасына Җирнең бер-бер артлы төрле урыннары керә. Бер тәүлек эчендә ике күтәрелеш һәм ике чигенеш булуын аңлавы кыен түгел.

Кояш та Җир өстендә күтәрелешләр һәм чигенешләр китереп чыгара, ләкин, Кояш ерак булу сәбәпле, алар Ай күтәрелешләре һәм чигенешләренә караганда кечерәк, димәк, азрак сизеләләр.

Күтәрелеш вакытында гаять зур су массасы күчә. Хәзерге вакытта океан һәм ачык диңгез ярларында су күтәрелешләре энергиясен файдалануга керештеләр.

Күтәрелеш калкулыгының күчәре һәрвакыт Айга таба юнәлгән була. Әйләнгән чакта Җир күтәрелгән су калкулыгын үзе белән алып китәргә тырыша. Җир үз күчәре тирәсендә, Ай Җир тирәсендә әйләнүгә караганда, тизрәк әйләнгәнгә күрә, Ай күтәрелү калкулыгын үзенә тарта. Су белән океанның каты төбе арасында ышкылу барлыкка килә. Нәтиҗәдә *күтәрелеш ышкылуы* хасил була. Ул Җирнең әйләнешен тоткарлый, һәм, вакыт үтү белән, тәүлек озыная бара (кайчандыр тәүлек 5—6 сәг кенә булган). Күрәсең, Меркурий белән Венерада Кояш китереп чыгара торган көчле күтәрелешләр аларның үз күчәрләре тирәсендә бик әкрен әйләнүләренә сәбәп булган. Җир тәэсирендә барлыкка килә торган көчле күтәрелешләр Айның әйләнүен шулкадәр тоткарлаган, һәм ул хәзер Җиргә таба һәрвакыт бер ягы белән генә карый. Шулай итеп, күтәрелешләр күк җисемнәренең эволюциясендә мөһим фактор булып санала.

5. Җирнең массасы һәм тыгызлыгы. Бөтендөнья тартылу законы шулай ук күк җисемнәренең иң әһәмиятле характеристикаларыннан берсе — массаны, аерым алганда планетабызның массасын, табарга мөмкинлек бирә. Чыннан да, бөтендөнья тартылу законы нигезендә ирекле төшү тизләнеше $g = G\frac{M}{R^2_{\oplus}}$ була.

Димәк, ирекле төшү тизләнешенең кыйммәте, гравитацион константа һәм Җирнең радиусы билгеле булса, Җирнең массасын табарга мөмкин.

Бу формулага $g=9{,}8$ м/с^2, $G=6{,}67\cdot10^{-11}$ Н $\cdot$ м^2/кг^2, $R_\oplus=$ 6370 км кыйммәтләрен куеп, Җир массасы $M=6\cdot10^{24}$ кг ны табарбыз.

Җирнең массасы белән күләмен белгәч, аның уртача тыгызлыгын исәпли алабыз. Ул $5{,}5\cdot10^3$ кг/м^3 га тигез. Ләкин тирәнлек арткан саен, Җирнең тыгызлыгы зурая, исәпләүләр буенча Җир төшенең үзәге янында тыгызлык $1{,}1\cdot10^4$ кг/м^3 га тигез. Тыгызлыкның тирәнлеккә карап зураюы анда авыр элементларның артуы һәм басымның зураюы исәбенә килеп чыга.

(Җирнең эчке төзелеше астрономик һәм геофизик методлар белән өйрәнелә. Сез аларны физик география курсыннан беләсез.)

12 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Әгәр Айның массасы Җир массасыннан 81 тапкыр кимрәк, радиусы дүрт тапкыр кечерәк булса, Айның тыгызлыгы күпме?
2. Айның почмакча тизлеге тәүлеккә 13,2°, Җирдән уртача ераклыгы 380 000 км булса, Җирнең массасы күпмегә тигез?

6. Күк җисемнәренең массасын исәпләү. Ньютон Кеплерның өченче законының төгәлрәк формуласы түбәндәгечә икәнен исбат иткән:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2}\cdot\frac{M_1+m_1}{M_2+m_2}=\frac{a_1^3}{a_2^3},$$

биредә M_1 белән M_2 — нинди дә булса күк җисемнәренең массалары, ә m_1 белән m_2 — тиңдәшле рәвештә аларның иярченнәренең массалары. Аерым алганда, планеталар Кояш иярченнәре булып торалар. Күргәнебезчә, төгәлләндерелгән бу формула якынча формуладан массаны белдергән тапкырлаучылары булуы белән аерыла. Әгәр $M_1=M_2=M_\odot$ ны Кояш массасы, ә m_1 белән m_2 не төрле ике планетаның массалары дип алсак, $\frac{M_\odot+m_1}{M_\odot+m_2}$ чагыштырмасы берәмлектән бик аз аерылыр, чөнки m_1 һәм m_2 Кояш массасы белән чагыштырганда бик кечкенә. Бу вакытта төгәл формула якынча формуладан сизелерлек аерылмас.

Кеплерның төгәлләндерелгән өченче законы иярченнәре булган планеталар массасын һәм Кояш массасын исәпләп чыгарыр-

га мөмкинлек бирә. Кояш массасын исәпләү өчен, Айның Җир тирәсендә әйләнеп йөрүен Җирнең Кояш тирәсендә әйләнүе белән чагыштырып, бу законның формуласын түбәндәгечә итеп язык:

$$\frac{T_{\oplus}^2}{T_{☾}^2}\,\frac{M_{\odot}+M_{\oplus}}{M_{\oplus}+m_{☾}}=\frac{a_{\oplus}^3}{a_{☾}^3},$$

биредә $T_{\oplus}$ белән $a_{\oplus}$ — Җирнең әйләнү периоды (ел) һәм орбитасының зур ярымкүчәре; $T_{☾}$ белән $a_{☾}$ — Айның Җир тирәсендә әйләнү периоды һәм орбитасының зур ярымкүчәре; $M_{\odot}$ — Кояш массасы, $M_{\oplus}$ — Җир массасы, $m_{☾}$ — Ай массасы. Җирнең массасы, Кояш массасы белән чагыштырганда, бик кечкенә, ә Ай массасы Җир массасыннан кечкенә (1 : 81). Шуңа күрә формуладагы икенче кушылучыларны төшереп калдырсак та, зур хата булмас. Тигезләмәне $\frac{M_{\odot}}{M_{\oplus}}$ чагыштырмасына карата чишеп,

$$\frac{M_{\odot}}{M_{\oplus}}=\left(\frac{a_{\oplus}}{a_{☾}}\right)^3:\left(\frac{T_{\oplus}}{T_{☾}}\right)^2$$ икәнен табабыз.

Шушы формуладан Җир массасы белән исәпләнгән Кояш массасын табалар. Ул 333 000 Җир массасына тигез.

Җир массасы белән башка берәр планетаның, мәсәлән Юпитерның, массасын чагыштырганда, төп формулада 1 индексы M_1 массалы Айның Җир тирәсендәге хәрәкәтенә, 2 индексы Юпитер тирәсендә аның M_2 массалы берәр иярчененең хәрәкәтенә карата алына.

Иярченнәре булмаган планеталарның массаларын алар үзләренең тартулары белән күршедәге планета, комета яки астероидлар хәрәкәтендә китереп чыгарган тайпылышлар буенча билгелиләр.

13 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Әгәр Юпитерның беренче иярчене аннан 422 000 км да торып, 1,77 тәүлек период белән әйләнсә, иярченле Юпитер системасын Җир — Ай системасы белән чагыштырып, Юпитерның массасын билгеләгез. Ай турында мәгълүматлар сезгә билгеле булырга тиеш.
2. Җирнең дә, Айның да тартуы бертигез булган нокталарның Җир — Ай сызыгында Җирдән күпме ераклыкта ятуын исәпләп чыгарыгыз. Ай белән Җир арасы 60 Җир радиусына тигез, Җир массасы Ай массасыннан 81 тапкыр зуррак.

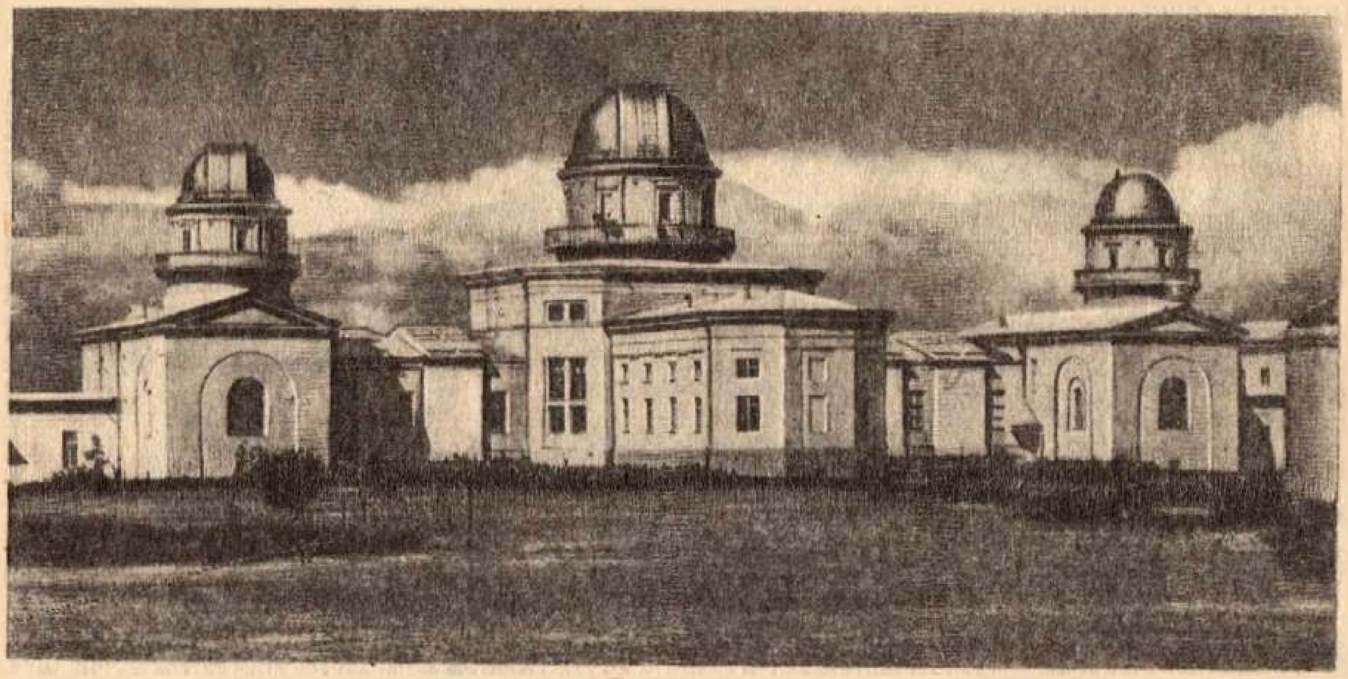
IV. АСТРОФИЗИК ТИКШЕРҮ ЫСУЛЛАРЫ

14. КҮК ҖИСЕМНӘРЕНЕҢ ЭЛЕКТРОМАГНИТИК НУРЛАНЫШЫН ТИКШЕРҮ. СПЕКТРЛАРЫ БУЕНЧА КҮК ҖИСЕМНӘРЕНЕҢ ФИЗИК ҮЗЛЕКЛӘРЕН ҺӘМ ХӘРӘКӘТ ТИЗЛЕКЛӘРЕН БИЛГЕЛӘҮ

1. Обсерваторияләр. Астрономик тикшеренүләр фәнни институтларда, университетларда һәм *обсерваторияләрдә* алып барыла. Ленинград янындагы Пулково обсерваториясе 1839 елдан бирле яшәп килә һәм йолдызларның иң төгәл каталогларын төзүе белән дан тота (36 нчы рәсем). Үткән гасырда аны дөньяның астрономик башкаласы дип атаганнар. Безнең илебездә фәннең бик тиз алга китүе нәтиҗәсендә, күп кенә башка, шул исәптән союздаш республикаларда да, обсерваторияләр төзелде. Төньяк Кавказдагы Махсус астрофизик обсерватория, Кырым (Симферополь янында), Бюракан (Ереван янында), Абастумани (Боржоми янында), Голосеево (Киевта), Шемахинск (Баку янында) обсерваторияләре илебезнең зур обсерваторияләреннән санала. Институтлардан иң эреләре — Мәскәү университеты каршындагы П. К. Штернберг исемендәге Дәүләт астрономия институты һәм Ленинградтагы СССР Фәннәр академиясенең Теоретик астрономия институты.

Гадәттә обсерваторияләр астрономик тикшерүләрнең аерым бер төрен үткәрүгә специальләшә. Шуңа бәйле рәвештә алар төрле типтагы телескоплар һәм башка приборлар белән җиһазландырылалар, мәсәлән, йолдызларның күктәге төгәл урынын билгеләү өчен, Кояшны өйрәнү өчен яки башка фәнни мәсьәләләрне чишү өчен.

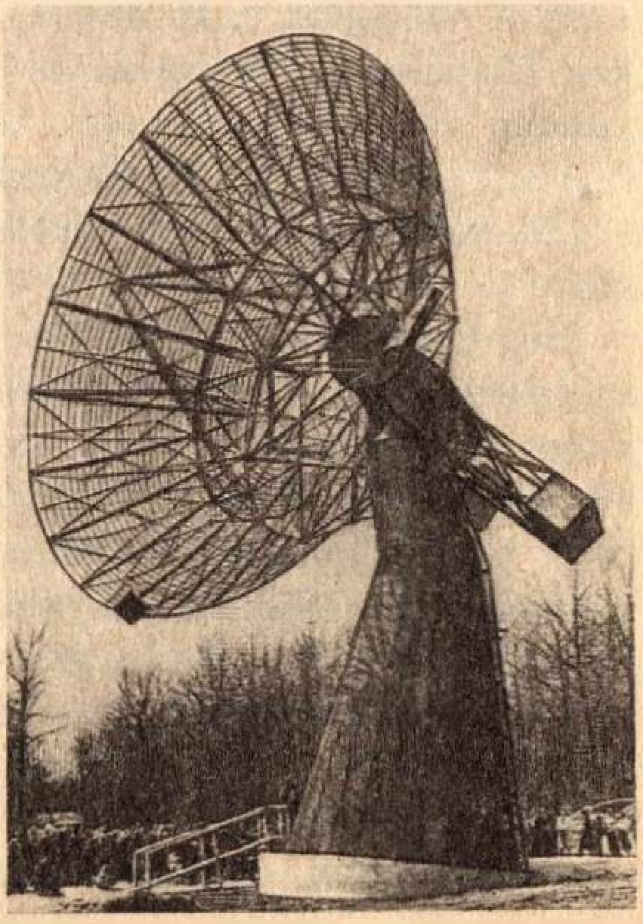
Күк җисемнәрен өйрәнү өчен, еш кына аларны телескоплар ярдәмендә фоторәсемгә төшереп алалар. Андый телескоплар фоторәсемгә төшереп алу өчен махсус җайлаштырылган була. Төшереп алынган негативтагы йолдызларның торышын лабораторияләрдә махсус приборлар ярдәмендә үлчиләр. Обсерваторияләрдә саклана торган негативлар «пыяла фотоханәне» тәшкил итә. Астрономик фоторәсемнәрне өйрәнеп, чагыштырмача якын йолдызларның ерак йолдызларга карата әкрен генә күчешен үлчәргә, бик томык объектларның негативтагы сурәтен кү-



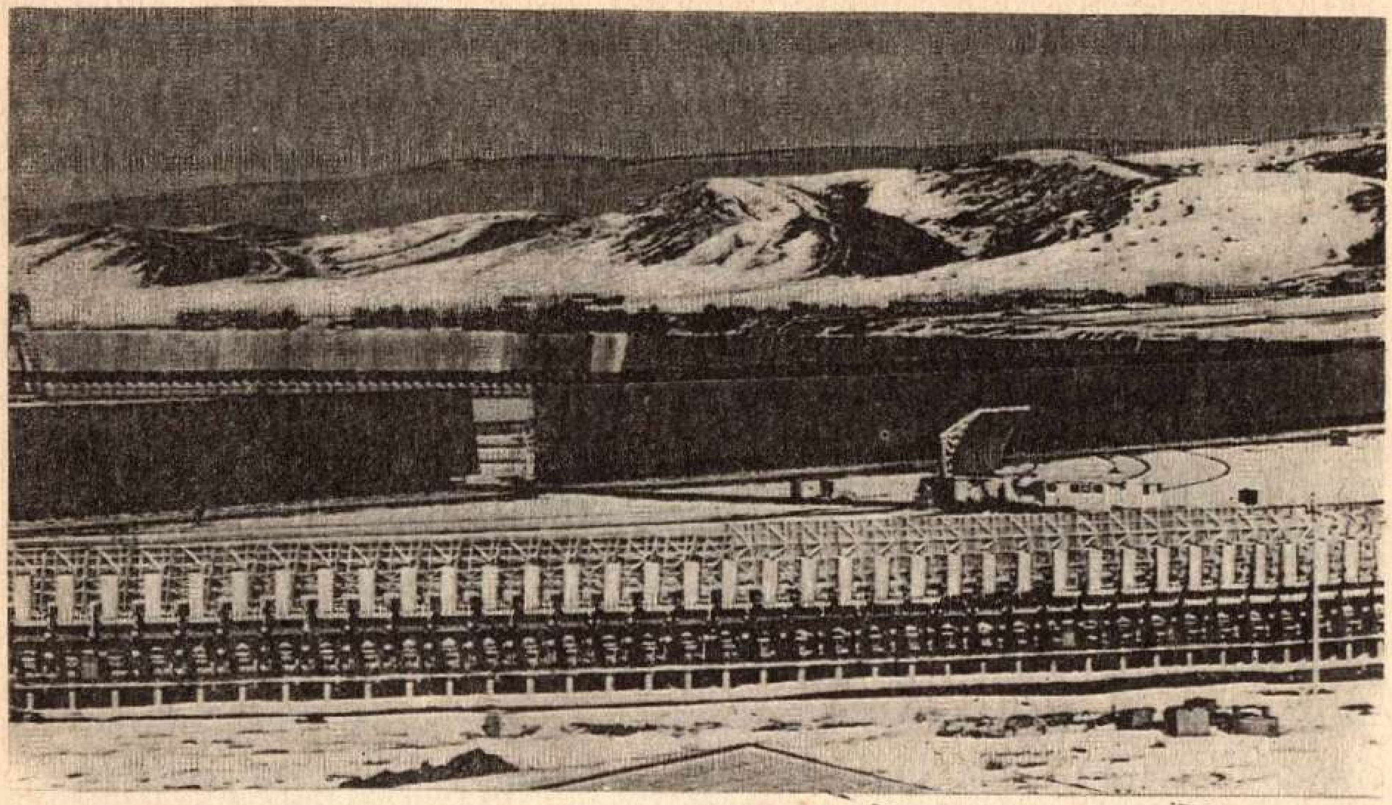
36. Пулково обсерваториясенең төп бинасы.

рергә, йолдыз, планета һәм башка космик объектлардан килгән нурланыш агышының зурлыгын үлчәргә була. Яктылык агышының энергиясен бик төгәл үлчәү өчен, фотоэлектрик *фотометрлар* кулланалар. Аларда йолдызның телескоп объективы җыйган яктылыгы вакуумлы электрон приборның яктылыкка сизгер катламына — фотокөчәйткечкә юнәлтелә, һәм анда зәгыйфь кенә ток барлыкка килә. Ул ток махсус электрон приборлар ярдәмендә көчәйтелә һәм язып алына. Яктылыкны махсус сайлап алынган яктылык фильтрлары аша үткәреп, астрономнар объектның төсен дә һәм төсләр санын да зур төгәллек белән билгелиләр.

37. Решеткасыман көзгеле радиотелескоп.



2. Радиотелескоплар. Космик радионурланыш ачылгач, аларны кабул итү өчен төрле системадагы *радиотелескоплар* эшләнде. Кайбер радиотелескопларның антенналары гадәти рефлекторларга охшый. Алар радиодулкыннарны батынкы металл көзгенең фокусына



«РАТАН-600». Дөньяда иң зур радиотелескопларның берсе — СССР Фәннәр академиясенең 600 м диаметрлы радиотелескобы.

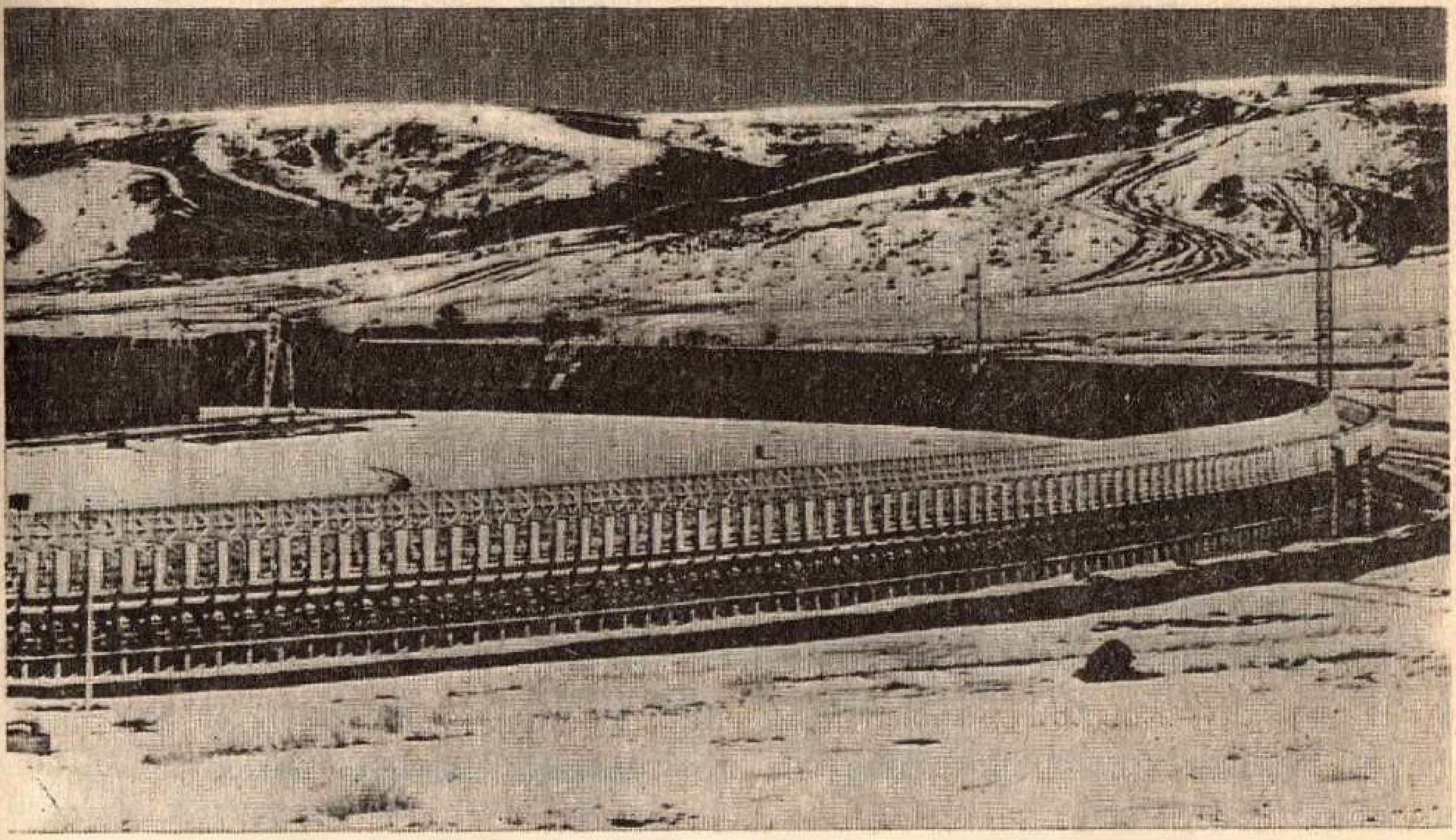
жыялар. Андый көзгене рәшәткәсыман итеп ясарга мөмкин, һәм ул гаять зур үлчәмле — диаметры уннарча метр була (37 нче рәсем).

Башка радиотелескоплар хәрәкәт итә торган бик зур рамнардан гыйбарәт, аларга, үзара параллель итеп, металл таяклар яки спиральләр беркетелгән була. Космостан килгән радиодулкыннар тәэсирендә металл таякларда электромагнитик тирбәнеш хасил була. Бу тирбәнешләр көчәйтелеп, объектның радионурланышын язып бара торган бик сизгер радиоаппаратларга килә.

Бер-берсеннән ерак (кайвакытта йөзәрләгән километрдан да ераграк) урнашкан аерым антенналар системасыннан торган радиотелескоплар бар. Алар ярдәмендә космик радионурланыш чыганагы бер үк вакытта берничә урыннан күзәтелә. Бу ысул радионурланыш чыганагының төзелешен, аның почмакча үлчәмен (ул почмакча секундтан күп тапкырлар кечкенә булган очракта да) билгеләргә мөмкинлек бирә.

Күк җисемнәре һәм күк җисемнәре системаларының радионурланышын өйрәнергә мөмкинлек тугач, безнең алар турындагы белемнәребез гадәттән тыш баеды.

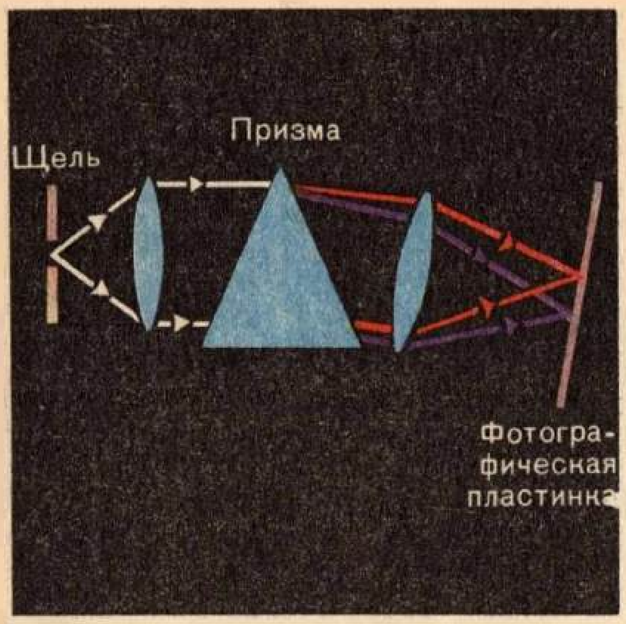
3. Спектраль анализны куллану. Күктәге объектларның ку-



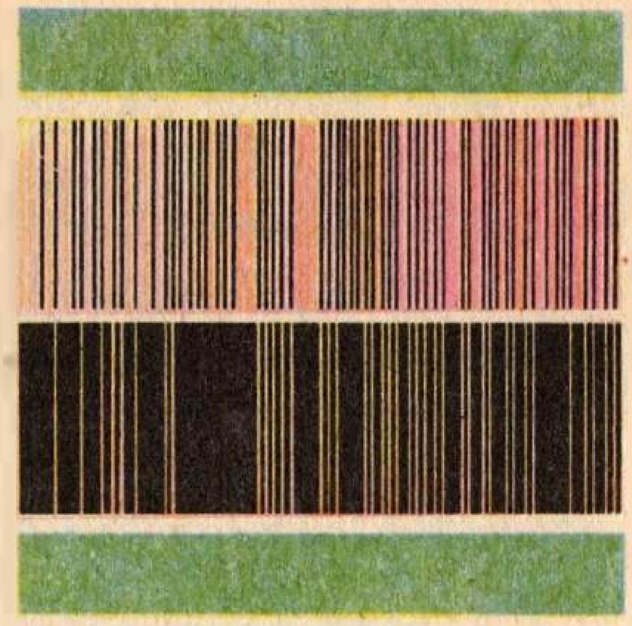
бесе турындагы мәгълүматларның чыганагы — аларның нурланышы. Җисемнәрнең нурланышына *спектраль анализ* ясау алар турында күп төрле һәм иң әһәмиятле мәгълүматлар алырга мөмкинлек бирә. Бу ысул белән яктырткычның сыйфат һәм микъдар ягыннан химик составын, температурасын, магнит кыры булу-булмавын, күренү нуры юнәлешендә хәрәкәт тизлеген һәм башка нәрсәләрне билгеләп була.

Белгәнегезчә, спектраль анализ яктылык дисперсиясе күренешенә нигезләнә. Әгәр яктылык бәйләмен өч кырлы призманың ян кырына юнәлтсәк, ак яктылыкны төзүче нурлар, пыялада төрлечә сынып, экранда салават күпере төсендәге тасма — с п е к т р хасил итәләр. Спектрда барлык төсләр һәрвакыт билгеле бер тәртиптә урнашалар.

Билгеле булганча, яктылык электромагнитик дулкыннар рәвешендә тарала. Һәр төскә билгеле бер озынлыктагы электромагнитик дулкын туры килә. Яктылык дулкынының озынлыгы кызыл нурлардан миләүшә нурларга таба якынча 0,7 дән 0,4 мкм га кадәр кими. Спектрда миләүшә нурлардан соң ультрамиләүшә нурлар килә; алар күзгә күренмәсәләр дә, фотопластинкага тәэсир итәләр. Рентген нурларының дулкыны тагын да кыскарак. Кызыл нурлардан соң инфракызыл нурлар өлкәсе



38. Призмалы спектрографның төзелеш схемасы.

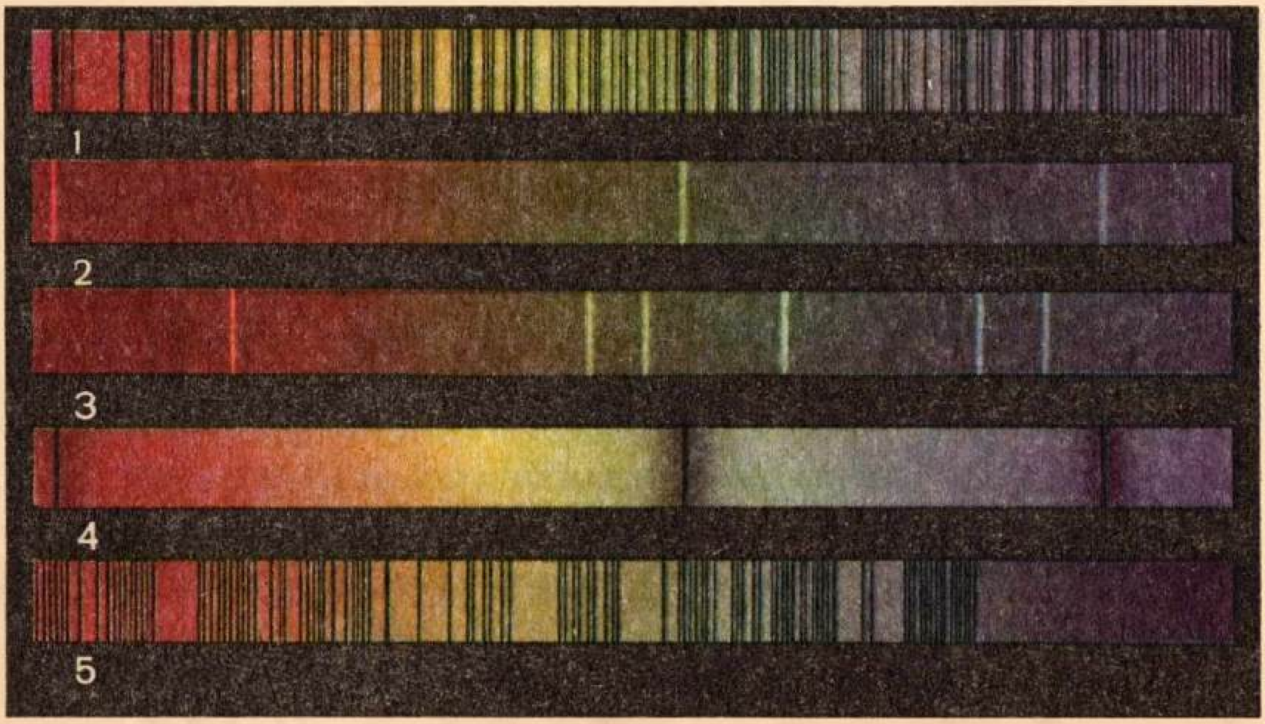


39. Кояш спектрын (өстә) тимер парларының лабораториядә алынган спектры белән чагыштыру.

китә. Алар күренми, ләкин инфракызыл нурланыш алгычларына, мәсәлән, махсус фотопластинкаларга тәэсир итәләр.

Спектрлар хасил итү өчен спектроскоп һәм спектрограф дип аталган приборлар кулланыла (38 нче рәсем). Спектроскопта спектрны карыйлар, ә спектрограф белән аны фоторәсемгә төшереп алалар. Спектрның фоторәсеме спектрограмма дип атала.

40. 1 — Кояш, 2 — водород, 3 — гелий, 4 — Сириус (ак йолдыз), 5 — Орион α сы (кызыл йолдыз) спектрлары.



Хәзерге вакытта астрофизикада күп төрдәге нурланышларның спектраль анализы өчен катлаулырак җайланмалар да кулланыла.

Җирдәге чыганаклар һәм күк җисемнәре спектрларының түбәндәге төрләре була.

Салават күпере рәвешендәге *тоташ, яки өзлексез спектрны* каты һәм сыек хәлдәге кызган җисемнәр (күмер, электр лампасы кылы) һәм җитәрлек дәрәҗәдә тыгыз булган газ массасы бирә.

Сирәкләнгән газлар һәм парлар бик нык кызганда, *нурланышның сызыклы спектрын* бирәләр. Һәрбер газ билгеле бер озынлыктагы яктылык дулкыннары тарата һәм шул химик элемент өчен генә хас булган сызыклы спектр бирә. Газның халәте яки яктырыш шартлары бик нык үзгәрү, мәсәлән, җылынуы яки ионлашуы бу газның спектрында билгеле бер үзгәрешләр китереп чыгара.

Һәрбер газ өчен сызыкларны исемләп таблицалар төзелгән, анда һәр сызыкның яктылык дәрәҗәсе дә күрсәтелгән. Мәсәлән, натрий спектрында ике сары сызык бигрәк тә ачык күренә.

Газлар яки парлар тоташ спектр бирүче якты һәм нык кызган яктылык чыганагы алдында торганда, *сызыклы йотылу спектрын* бирәләр. Йотылу спектры кара сызыклар белән кискәләнгән тоташ спектрдан гыйбарәт. Газның нурланыш спектрында ачык сызыклар кайда булырга тиеш булса, кара сызыклар да шунда ук була (39 нчы рәсем). Мәсәлән, натрийның ике кара йотылу сызыгы спектрның сары өлешендә урнашкан.

40 нчы рәсемнән файдаланып, Кояш белән Сириус спектрларындагы водород сызыкларын тиңләштерегез. !

Спектрларны өйрәнү яктылык таратучы яки йотучы газларның химик анализын ясарга мөмкинлек бирә. Энергия таратучы яки йотучы молекула һәм атомнарның саны сызыкларның интенсивлыгы белән билгеләнә. Нурланыш яки йотылу спектрында бирелгән элементның сызыгы никадәр ачыграк булса, яктылык нуры юлындагы атомнар (молекулалар) саны да шулкадәр күбрәк була.

Кояш һәм йолдызлар газ атмосферасы белән чолганып алынган. Аларның күренмә өслекләренең тоташ спектры кара йотылу сызыклары белән бүлгәләнә. Бу сызыклар йолдыз атмосфе-

расы аша яктылык үткәндә барлыкка килә. Шуңа күрә Кояш һәм йолдызларның спектры — йотылу спектрлары ул.

Төрле спектр рәсемнәрен тикшерегез (40 нчы рәсемне карагыз).

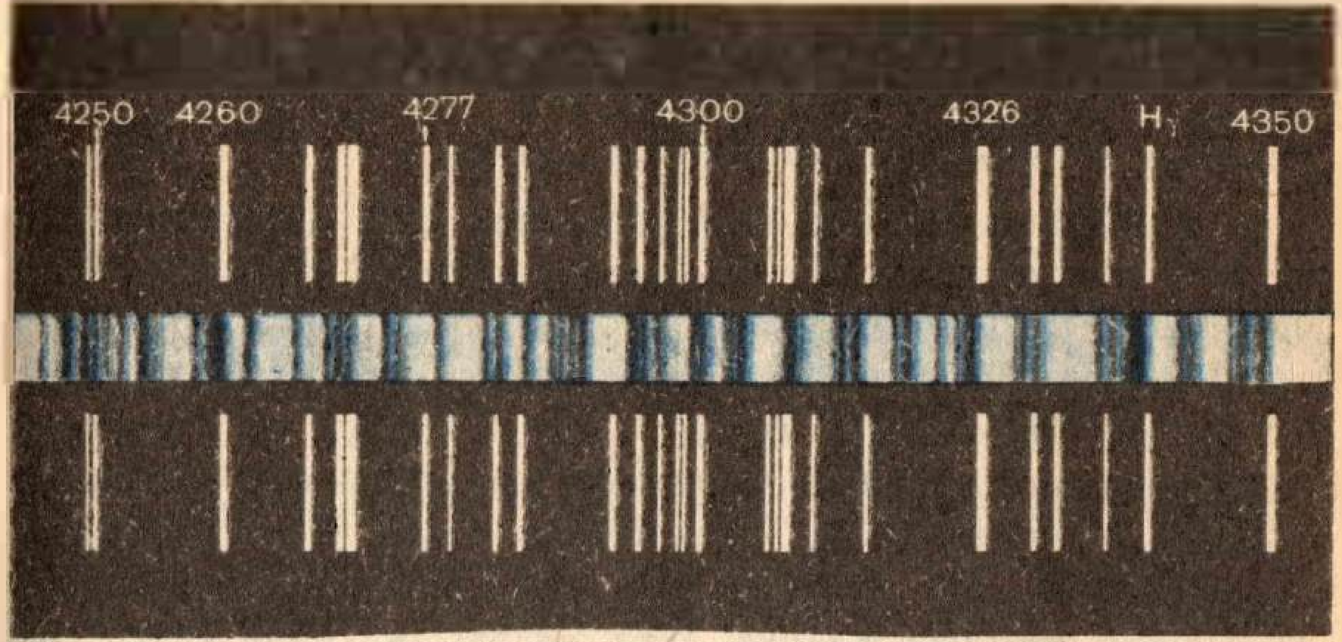
Күктәге яктырткычларның Җиргә карата күрү нуры буенча хәрәкәтләренең тизлекләре (*нур буенча тизлекләре*) спектраль анализ ярдәмендә Доплер эффекты нигезендә билгеләнә: **әгәр яктылык чыганагы белән күзәтүче бер-берсенә якынлашсалар, спектрдагы сызыкларның торышын билгеләүче дулкыннарның озынлыгы кыскара, ә алар бер-берсеннән ераклашканда, дулкыннарның озынлыклары арта.** Бу күренеш

$$\lambda=\lambda_0\left(1+\frac{v}{c}\right)$$

формуласы белән күрсәтелә, биредә v — чагыштырма хәрәкәтнең нур буенча тамгасы исәпкә алган тизлеге (якынлашканда минус тамгасы белән), λ_0 — яктылык чыганагы хәрәкәт итмәгәндә яктылык дулкынының озынлыгы, ә λ — дулкынның яктылык чыганагы хәрәкәт иткәндәге озынлыгы һәм c — яктылык тизлеге. Икенче төрле әйткәндә, күзәтүче белән яктылык чыганагы бер-берсенә якынлашканда, спектрдагы сызыклар миләүшә төс ягына, ә ераклашканда кызыл төс ягына тайпылалар.

Яктырткычның спектрограммасын алгач, чагыштыру өчен аның янына, өскә һәм аска — Җирдәге яктылык чыганагының спектрын ябыштыралар (41 нче рәсем). Чагыштыру спектры безнең өчен хәрәкәтсез булганга, аңа карата йолдыз спектрындагы сызыкларның тайпылуын билгеләп була. Хәтта күк җисемнәренең тизлекләре дә (гадәттә секундка уннарча һәм йөзләрчә километр) бик кечкенә (миллиметрның йөзенче яки унынчы өлеше кадәр) тайпылыш китереп чыгара. Аларны спектрограммада микроскоп астында гына үлчәп була. Бу тайпылуның нинди дулкын озынлыгына туры килүен белү өчен, спектрның масштабын, ягъни спектр буенча 1 мм күчкәндә, дулкын озынлыгының ничә миллимикронга үзгәрүен белергә кирәк. λ, λ_0 һәм $c=300\,000$ км/с зурлыкларын формулага куеп, яктырткычның хәрәкәт тизлеге v ны исәпләп чыгара алабыз.

Спектр ярдәмендә якты объектның температурасын да билгеләп була. Кып-кызыл булганчы кызган җисемнең тоташ спектрында кызыл өлеш яктырак була. Тагын да кыздырганда, спектрдагы яктырак өлкә сарыга таба, аннан яшел өлешкә һ. б.



41. Күрү нуры буенча хәрәкәт итә торган йолдыз спектрында $H\gamma$ сызыгының тайпылуы. Өстә һәм аста — лабораториядә алынган чагыштыру спектры. Алардан өстәрәк дулкын озынлыклары ангстремнарда язылган ($1 Å = 0,0001$ мкм).

күчә бара. Әлеге күренеш Винның авышу законы белән аңлатыла. Бу закон максимумның нурланыш спектрындагы торышы җисемнең температурасына бәйле булуын күрсәтә. Бәйлелекне белеп, Кояш һәм йолдызларның температурасын билгеләргә була. Планета һәм йолдызларның температурасын инфракызыл нурланышны кабул итүче махсус алгычлар ярдәмендә дә билгеләнләр.

14 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Йолдыз спектрында водород сызыгына туры килә торган дулкын озынлыгы лабораториядә алынган спектрдагыга карагында зуррак. Йолдыз безгә якынлашамы, әллә бездән ераклашамы? Әгәр йолдыз күрү нурына перпендикуляр рәвештә хәрәкәт итсә, спектрда сызыклар авышуы күзәтелерме?
2. Фоторәсемдә йолдыз спектрының сызыгы, йолдызның нормаль торышындагыга караганда, 0,02 мм га күчкән. Әгәр спектрдагы 1 мм га дулкын озынлыгының 0,004 мкм (бу зурлык спектрограмманың *дисперсиясе* дип атала) үзгәрүе туры килсә, дулкын озынлыгы күпмегә үзгәргән булыр? Йолдыз нинди тизлек белән хәрәкәт итә? Хәрәкәт итми торган чыганакның озынлыгы 0,5 мкм = 5000 Å (ангстрем). $1 Å = 10^{-10}$ м.

6 НЧЫ БИРЕМ

41 нче рәсем буенча масштаблы линейка ярдәмендә спектрның 1 мм озынлыгына туры килгән дисперсияне ангстремнарда дулкын озынлыгының

4260—4277 Å (ангстрем) интервалында табыгыз. Лупадан файдаланып, йолдыз спектрындагы иң киң $H\gamma$ сызыгы үзгәнең чагыштыру спектрындагы шундый ук сызыкларга карата көчүен үлчәгез. Сызыкларның көчүе буенча йолдызның нур буенча тизлеген исәпләп чыгарыгыз.

4. Атмосферадан читтәге астрономия. Күк җисемнәрен һәм космик тирәлекне өйрәнү ысуллары арасында космик техника ярдәмендә тикшеренүләр аерым урын алып тора. 1957 елда СССРда Җирнең беренче ясалма иярченен җибәрү бу тикшеренүләрнең башлангычы булды. Тиз үсә барып, космонавтика: 1) Җирнең атмосферадан читтә оча торган ясалма иярченнәрен булдыру; 2) Айның һәм планеталарның ясалма иярченнәрен булдыру; 3) Айга һәм планеталарга Җирдән идарә ителә торган приборлар җибәреп, аларны анда төшерү; 4) Айда күчеп йөрерлек, Ай токымы үрнәкләрен һәм төрле үлчәү нәтиҗәләре язмасын алып кайтырлык, Җирдән идарә ителә торган автоматлар булдыру; 5) космоска кешеләр белән лабораторияләр җибәрү, аларны Айга төшерү мөмкинлеген тудырды. Космик аппаратлар электромагнитик нурланыш дулкыны озынлыгының барлык диапазонында да тикшеренүләр үткәрергә мөмкинлек бирде. Шуңа күрә хәзерге заман астрономиясен еш кына *күпдулкынлы* (всеволновая) дип атыйлар. Атмосферадан читтәге күзәтүләр Җир атмосферасы тарафыннан йотыла яки нык үзгәртелә торган нурланышларны: ерактагы ультрамиләүшә, рентген, инфракызыл нурларны, кайбер озынлыктагы дулкыннарның Җиргә килеп җитми торган радионурланышын, шулай ук Кояш һәм башка җисемнәрнең корпускуляр нурланышын космоста кабул итәргә мөмкинлек бирә. Йолдыз һәм томанлыклардан, планетаара һәм йолдызара тирәлектән килә торган нурланышның элек өйрәнергә мөмкин булмаган төрләрен тикшерү Галәмдә бара торган физик процесслар турындагы белемнәребезне бик нык баетты. Аерым алганда, рентген нурланышының элек билгеле булмаган чыганаклары ачылды.

Төрле космик аппаратларга куелган приборлар ярдәмендә үткәрелгән тикшерүләр аркасында, бездән бик ерак торган җисемнәр һәм аларның системаларының табигате турында күп мәгълүматлар алынды.

Соңгы уннарча ел эчендә үткәрелгән астрофизик тикшеренүләрнең нәтиҗәсе безне чолгап алган дөньяда шактый зур үзгәрешләр булуын күрсәтә. Ул үзгәрешләр, аерым объектларга гына түгел, гомумән бөтен Галәмгә кагыла.

V. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ҖИСЕМНӘРНЕҢ ФИЗИК ТАБИГАТЕ

15. ПЛАНЕТАЛАРНЫҢ ГОМУМИ ХАРАКТЕРИСТИКАСЫ. АЛАР ТАБИГАТЕНЕҢ ФИЗИК БӘЙЛЕЛЕГЕ

III бүлектә без Кояш системасының составы белән таныштык, Кояш тирәсендә әйләнеп йөри торган җисемнәрдән иң зур массага планеталар ия булуын белдек. Астрономнар, күзәтүләр нигезендә, күп кенә планеталарның массалары һәм үлчәмнәреннән тыш, үз күчәрләре тирәсендә әйләнү периодын, ул күчәрнең планета орбитасы яссылыгына авышлыгын да билгеләделәр. Бу характеристикалар күбесенчә күк җисеме өслегендәге физик шартларны билгели. Мәсәлән, планеталарның үлчәме һәм массасы аның өслегендәге тартылу көчен билгели, ә бу исә планетаның үзе янында атмосфераны тотып тора алу-алмавын күрсәтә. Тизлеге параболик тизлектән зуррак булган молекулалар планетаны ташлап китәләр. Нәтиҗәдә кечкенә планеталарның һәм күп кенә планета иярченнәренең бернинди дә атмосфералары юк. Массасы зур булмаган планеталарның да атмосфералары тыгыз түгел; мәсәлән, өслегендәге тартылу көче Җирнекеннән кечерәк булган Марсның атмосферасы шактый сирәк. Өслекләрендә тартылу көче зур булган гигант планеталарда, мәсәлән Юпитерда, атмосфера тыгыз. Аның атмосферасында Кояшка якын торган дүрт планетада күзәтелмәгән молекуляр водород та бар. Атмосфераның тыгызлыгы һәм химик составы Кояштан килә торган нурланышның йотылу дәрәҗәсен билгели. Планета өслегенең температурасы аның Кояштан ераклыгына һәм атмосфераның булу-булмавына бәйле. Планетаның үз күчәре тирәсендә әйләнүе төнге һәм көндезге ярымшарларда температураларның тигезләнүенә китерә.

Планеталарны өйрәнү обсерваторияләрдә урнаштырылган Җирдәге астрономик инструментлар ярдәмендә дә, космик аппаратлар ярдәмендә дә алып барыла.

Гигант планеталар — Юпитер, Сатурн, Уран һәм Нептуннан аермалы буларак, Кояшка якын булган дүрт планета Җир тибындагы планеталар дип атала. Әлеге төркемдәге планеталар

физик шартлары буенча бер-берсенә охшаш. Бу очраклы хәл түгел. Ул планеталарның барлыкка килү һәм үсеш тарихына бәйле. Әлегә аз өйрәнелгән Плутон, үлчәме һәм массасы ягыннан, Җир төркемендәге планеталарга якын.

7 НЧЕ БИРЕМ

1. V кушымтадан файдаланып, планеталарның югарыда әйтеп үтелгән ике төркеме ниндн характеристикалары белән бер-берсеннән нык аерылып торуын билгеләгез.
2. Бу төркемнәрнең һәрберсенең характерлы үзенчәлекләрен әйтеп бирегез
3. Безнә чолгап алган объектларның тыгызлыгындагы аермалыкларны нәрсә белән аңлатып булуын искә төшерегез.

Билгеле булганча, матдәләрнең тыгызлыгындагы аермалыклар аларның химик составлары һәм агрегат хәлләре төрлечә булуын раслый. Җир төркемендәге планеталар, безнең планетабыз кебек үк, авыр химик элементларның (кремний, тимер, алюминий һәм башка металл һәм металл булмаган элементлар) оксидларыннан торалар. Шуңа күрә аларда кислород атомнары бәрыннән да күбрәк. Гигант планеталар, нигездә, водород белән гелийдан торсалар да, аларда Җир тибындагы планеталар составындагы матдәләр дә бар. Мәсәлән, Юпитерда гына да андый матдәләр Җир группасы планеталарының барысындагыдан күбрәк.

16. ЖИР ПЛАНЕТАСЫ

1. Төзелеше. Җирнең космик аппаратлардан алынган күп санлы фоторәсемнәре (42 нче һәм 43 нче рәсемнәр) Җир шарының төп өч тышчасын: болытлары белән атмосфераны, гидросфераны һәм табигый катламнары белән литосфераны күрергә мөмкинлек бирә. Матдәнең шушы тышчаларга туры килгән өч агрегат хәле — газсыман, сыек һәм каты халәте — безгә, Җирдә яшәүчеләргә, гадәти санала. Атмосфера Кояш системасындагы күпчелек планеталарда бар. Каты тышча исә Җир группасындагы планеталарга һәм аларның иярченнәренә, шулай ук астероидларга хас. Җирнең гидросферасы — Кояш системасында бердәнбер күренеш, безгә билгеле булган башка бер планетада да ул юк. Суның сыек хәлдә булуы өчен, температура белән басымның аерым бер шартлары кирәк. Галәмдә су шактый күп таралган химик кушылма булып тора, ләкин баш-

ка күк җисемнәрендә без суны башлыча каты хәлдә генә, Җирдә билгеле булган кар, боз, бәс хәлендә генә, очратабыз.

Литосферада бара торган процесслар — матдәләрнең химик составында миллиард еллар буенча барган үзгәрешләрнең чагылышы ул. Радиоактив элементлар таркалганда аерылып чыккан энергия хисабына матдәнең эрүе һәм дифференциациясе барлыкка килгән. Нәтиҗәдә җиңелрәк кушылмалар, башлыча силикатлар, өстә, җир кабыгында калганнар, ә авыррак-лары үзәккәрәк үтеп, төшне барлыкка китергәннәр.

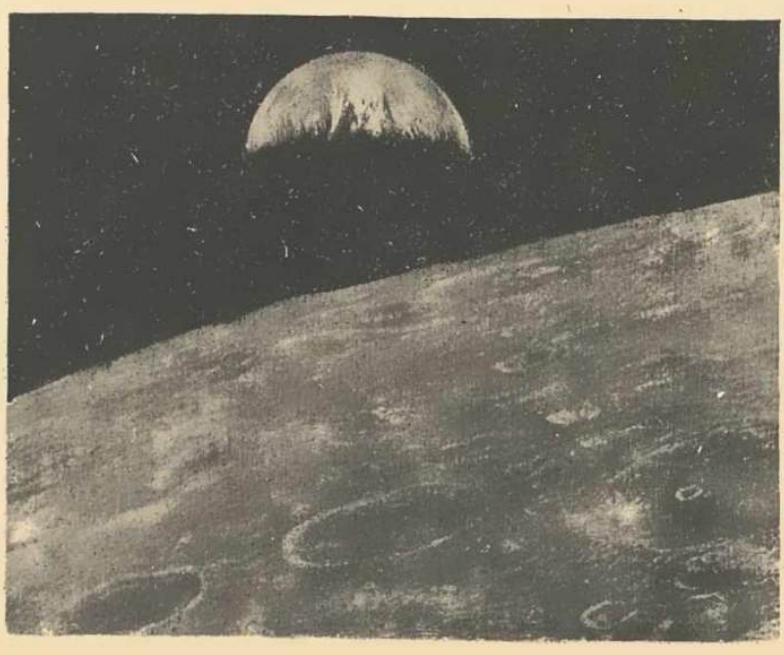
Кабык бик калын түгел: океан астында ул 10 км чамасы, ә таулар астында 80 км га кадәр җитә. Төшнең радиусы планета радиусыннан ике тапкыр кечерәк. Төш белән кабык арасында арадаш катлам — Җир мантиясе урнашкан, ул кабык матдәсенә караганда тыгызрак матдәләрдән тора.

Космик аппаратлар ярдәмендә үткәрелгән тикшеренүләр нәтиҗәсе Айның да, Җир группасындагы планеталарның да эчке төзелеше, гомумән алганда, бертөрле булуын күрсәтте.

2. Атмосфера. Җирне урап алган газ сүрүе — атмосфера — 78% азот, 21% кислород һәм бик аз микъдардагы башка газлардан тора.

Атмосфераның 10—12 км биеклеккә кадәрге (урта киңлекләрдә) түбәнге катлавы тропосфера дип атала. Югарырак күтәрелгән саен, анда температура кими бара; аннан соң

42. Җир Ай горизонтының өстендә.



43. Җирнең космостан төшереп алынган фоторәсеме.

стратосфера катлавы башлана, аның температурасы даими —40° С чамасы. Якынча 25 км биеклектән башлап, атмосфераның температурасы Кояшның ультрамиләүшә нурларын йоту исәбенә әкренләп күтәрелә.

? *Ни өчен тропосферада күтәрелгән саен температура төшә?*

Атмосфераның тыгызлыгы югары күтәрелгән саен кими бара. 6 км чамасы биеклектә атмосфераның тыгызлыгы Җир өслеге янындагыдан 2 тапкыр азрак. Йөзләрчә километр биеклектә атмосфераның тыгызлыгы Җир өслеге янындагыдан миллион тапкыр сирәгрәк. Тагын да югарырак, берничә Җир радиусы кадәр биеклектә, бары тик сирәкләнгән водород кына бар. Анда тыгызлык — бер куб сантиметрда мең атом чамасында гына.

Кояш нурлары Җир атмосферасының югары катлауларын бик нык ионлаштыра. Атмосфераның ионлашкан катлавы **ионосфера** дип атала.

Атмосфера космик киңлектән Җиргә килүче нурланышның зур өлешен кире кайтара яки йотып кала. Мәсәлән, Кояшның рентген нурланышын үткәрми. Атмосфера безне микрометеоритларның өзлексез бомбага тотуыннан да, *космик нурларның* — гаять зур тизлекле элементар кисәкчекләрнең (нигездә, протоннар һәм гелий атомы төшләре) — җимергеч тәэсиреннән дә саклый.

Атмосфера Җирнең җылылык балансында бик әһәмиятле роль уйный. Кояшның күзгә күренә торган нурлары атмосфера аша Җиргә кимемичә диярлек килеп җитә. Җир өслеге аларны йотып җылына да инфракызыл нурлар тарата.

? *Ни өчен аяз төндә һаваның салкынаюы көчлерәк була?*

Хәзерге аңлавыбызча, Җирдә тереклек гидросфера белән атмосфераның булуы аркасында гына барлыкка килгән. Шуңа күрә экология һәм безнең бердәнбер планетабызда табигатьне саклау проблемалары аерым әһәмияткә ия.

3. Магнит кыры. Җирнең магнит кыры шактый көчле ($5 \cdot 10^{-5}$ Тл чамасы). Җирдән ераклашкан саен, магнит кыры индукциясе кими бара.

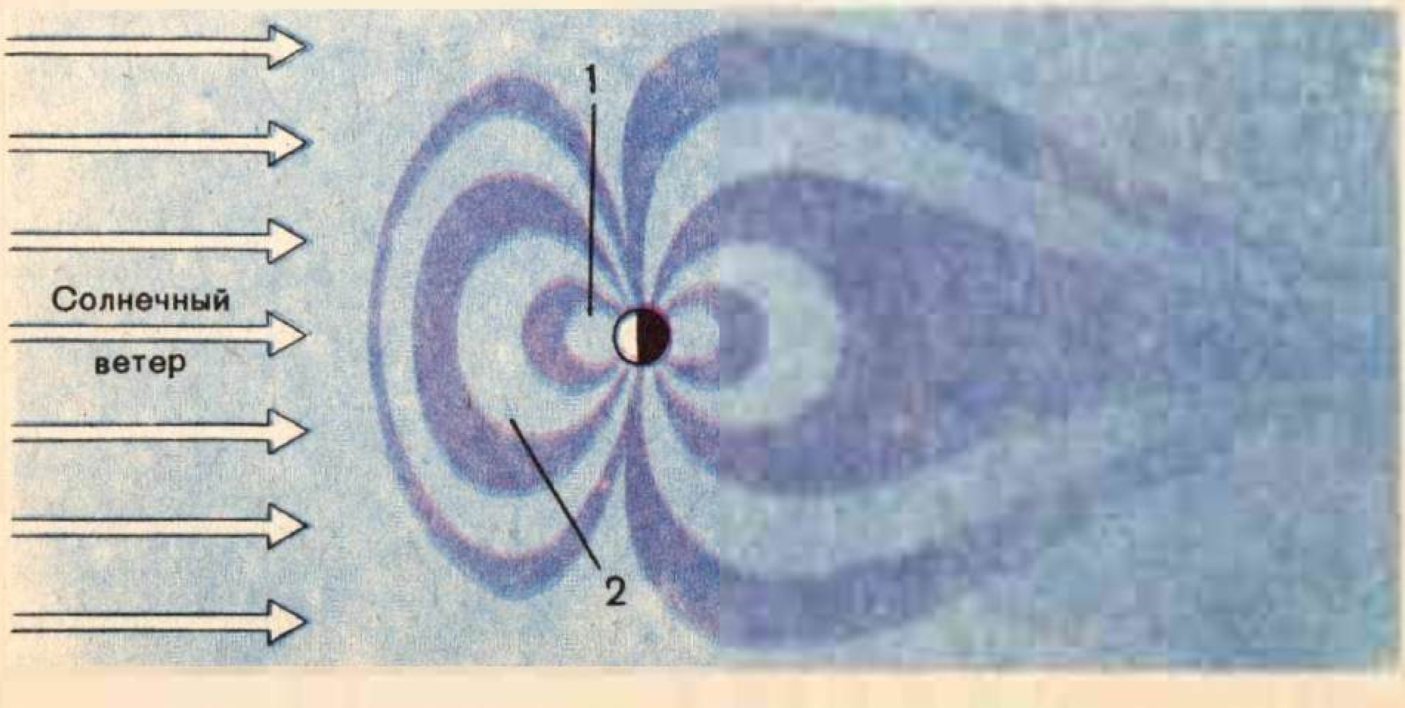
Җир шары янындагы тирәлекне космик аппаратлар ярдәмендә тикшерү планетабызның көчле *радиация поясы* белән чол-

ганып алынган булуын күрсәтте (44 нче рәсем). Ул бик тиз хәрәкәт итүче корылган элементар кисәкчекләрдән — протон һәм электроннардан тора. Аны зур энергиягә ия булган кисәкчекләр поясы дип тә атыйлар.

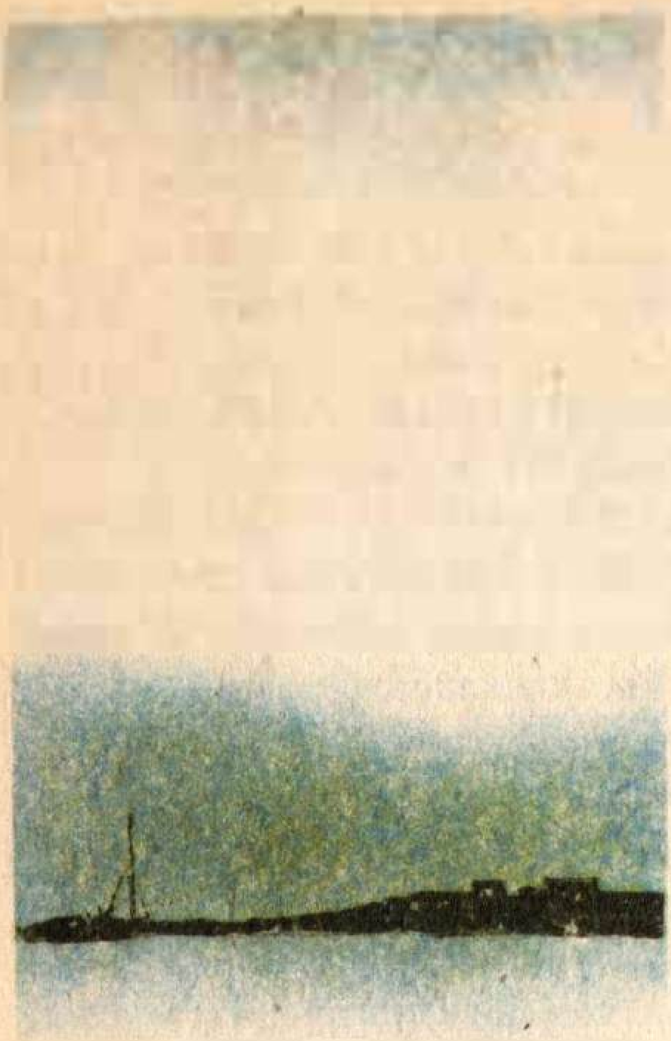
Поясның эчке өлеше Җир өстеннән якынча 500—5000 км ларга сузыла. Радиация поясының тышкы өлеше, Җирнең 1—5 радиусы кадәр биеклекләр арасында урнашып, нигездә, ун меңнәрчә электронвольт энергияле электроннардан гыйбарәт. Бу — эчке пояс кисәкчекләре энергиясеннән 10 тапкыр азрак.

Җирнең радиация поясын тәшкил итүче кисәкчекләр, мөгаен, Кояштан өзлексез атылып чыга торган кисәкчекләр арасыннан Җирнең магнит кыры тотып калганнарыдыр. Кояштагы кабынышлар дип аталган шартлаулар кисәкчекләрнең тагын да куәтлерәк агышларын китереп чыгаралар. Кояш кисәкчекләренең агышы, 400—1000 км/с тизлек белән хәрәкәт итеп, Кояшта булган кызган газлар кабынышыннан соң 1—2 көн чамасы вакыт үткәч кенә Җиргә килеп җитә. Мондый көчле корпускуляр агыш Җирнең магнит кырында үзгәрешләр китереп чыгара. Магнит кырының характеристикалары тиз һәм нык үзгәрә. Бу *магнит давылы* дип атала. Компас угы тирбәлеп тора. Ионосферада радиоэлемтәне боза торган үзгәрешләр килеп чыга, *поляр балкышлар* барлыкка килә (45 нче рәсем). Төрле формадагы һәм төрле төсләрдәге поляр балкышлар 80 км дан алып 1000 км га кадәр биеклектә хасил була. Ул түбәндәге сәбәпләр аркасында

44. Җирнең радиация поясының схемасы: 1 — эчке өлеше, 2 — тышкы өлеше.



килеп чыга. Поляр өлкәләрдә кисәкчекләр, магнит кырының көч сызыклары буйлап хәрәкәт итеп, анда ул өслеккә перпендикуляр диярлек, атмосферага үтеп керәләр. Ул кисәкчекләр һава молекулаларына бәрелеп, аларны ионлаштыралар һәм вакуум көпшәсендәге электроннар агымы шикелле бәрмә яктырыш китереп чыгаралар. Поляр балкышларның электр табигатьле булуы турында гениаль фаразны беренче булып М. В. Ломоносов әйткән. Поляр балкышларның төсе атмосфера газларының яктырышына бәйле.



45. Поляр балкыш.

Шулай итеп, без Җирдә һәм аның атмосферасында бик күп төрле процесслар баруын, аларның күбесе Җирдән 150 млн. км ераклыктагы Кояшка бәйле икәнен, ягъни Җирнең космостан аерылмаган булуын ачыкладык.

4. СССРның космик пространствоны тынычлык максатларында үзләштерүдәге казанышлары һәм халыкара хезмәттәшлеге. Планеталарны һәм Кояш системасындагы башка җисемнәрне өйрәнүдә ирешелгән зур уңышлар астрономиянең геофизика, геология кебек Җир турындагы фәннәр белән бәйләнешен арттыруга ярдәм итте. Әлеге белгечлек буенча галимнәр, Меркурий, Венера, Марс, Ай һәм башка ярчекннәрне топографик, радиофизик һәм башка тикшерү нәтиҗәләрен өйрәнгәндә, геологик чагыштыру ысулыннан файдаланалар. Бу планетабыз үсешенең борынгы тарихын, казылма байлык чыганакларының барлыкка килү закончалыгын тирәнрәк аңларга һәм Җирдәге ул байлыкларны эзләүне уңышлырак башкарырга мөмкинлек бирә.

Космик техника фәннең, техниканың, халык хуҗалыгының башка күп төрле тармакларында да кулланыла. Илебезнең ерак һәм кирүс кыен булган районнары белән өзлексез рәвештә телефон элемтәсе булдыру, телевидение ярдәмендә хәбәрләр җибәрү

тору өчен «Молния», «Экран» һәм «Горизонт» тибындагы элемтә иярченнәре кулланыла. Аларның кайберләре даими орбитага чыгарыла һәм халык яши торган зур булмаган пунктларда коллектив антенналар белән телевидение тапшыруларын кабул итәргә мөмкинлек бирә.

Соңгы вакытта космик метеорология системасы булдырылды. Аның төп өстенлеге — алынган мәгълүматларның вакытлы һәм зур күләмле булуында. «Метеор» тибындагы метеоспутник планетабыз өстендә болыт катламнарының урнашу күренешен җентекләп өйрәнергә, циклоннарның, атмосфера үзгәрешләренең кая таба хәрәкәт итүен һәм ни хәлдә булуын ышанычлы билгеләргә, океан һәм диңгезләрдәге боз торышын күзәтергә мөмкинлек бирде.

Космостан алынган мәгълүматлар урманнарның һәм авыл хуҗалыгы культуралары чәчелгән кырларның ни хәлдә булуын даими рәвештә күзәтеп торуны тәэмин итә. Бу мәгълүматлар барлык җир ресурсларының эффектлылыгын күтәрергә, үсемлекләрнең зарарлану чыганагын үз вакытында ачыкларга, ил масштабында төрле иген культураларының уңышын алдан белеп торырга мөмкинлек бирә.

Орбитадагы идарә ителә торган «Союз-Салют» комплексында авырлык югалуның һәм космик очышның башка гадәттән тыш шартларының төрле процессларга тәэсирен өйрәнү һәм шундый шартларда алдан билгеләнгән үзлекләргә ия булган материаллар һәм матдәләр табу буенча төрле технологик экспериментлар үткәрелә. Космонавтлар астрофизик, геофизик, метеорологик һәм башка күзәтүләр алып баралар, ачык космоска чыгалар, космонавтиканың тагын да үсеше өчен кирәкле яңа приборлар һәм җиһазларны сыныйлар.

СССРның тынычлык сөючән тышкы политикасы шушы фәнни-техник прогресс өлкәсендә үзенең ачык чагылышын тапты. Орбитадагы экипажлар составында барлык социалистик илләрнең, Индия һәм Франциянең фәнни тикшеренүче космонавтлары эшләде. Идарә ителә торган һәм автомат станцияләрдә урнаштырылган фәнни аппаратураларны төзегәндә, Айның Җиргә алып кайтылган туфрак үрнәкләрен тикшерүдә күп илләрнең галимнәре катнашты. Космик очышлар вакытында алынган мәгълүматлар шушы ук илләрнең белгечләре тарафыннан эшкәртелә, фәнни тикшеренүләрдә, халык хуҗалыгында кулланыла.

Безнең илебез космик пространствоны бары тик тынычлык максатларында куллануда халыкара хезмәттәшлекне яклый.

Космик техниканы халык хуҗалыгында куллану шактый зур экономик эффектка ия, башка ысуллар белән үткәрергә авыр яки мөмкин булмаган төрле-төрле эшләрне башкарырга мөмкинлек бирә. Космонавтиканың кешелек тормышындагы роле, фәнни-техник прогресска керткән казанышлары даими рәвештә үсә.

8 НЧЕ БИРЕМ

Укытучы тәкъдим иткән әдәбияттан файдаланып 1) космоска чираттагы фәнни экспедиция турында; 2) космик техниканы халык хуҗалыгының берәр тармагында куллану турында белдерү әзерләгез.

17. АЙ — ҖИРНЕҢ ТАБИГЫЙ ИЯРЧЕНЕ

1. Айдагы физик шартлар. Ай — Җиргә иң якын торган күк җисеме. Шуңа күрә ул барыннан да яхшырак өйрәнелгән. Безгә иң якын планеталар исә Айга караганда чама белән 100 һәм аннан да күбрәк тапкыр ераграк торалар. Айның диаметры Җир диаметрыннан 4 мәртәбә, массасы 81 мәртәбә кечерәк. Аның уртача тыгызлыгы $3{,}3 \cdot 10^3$ кг/м^3, ягъни Җир тыгызлыгыннан кимрәк. Ихтимал, Айның үзәгендә Җирдәге кебек тыгыз төш юктыр. Айда яндырып ала торган Кояш нурланышын йомшартучы, космик нурлардан һәм микрометеорлар агышыннан саклаучы атмосфера юк. Анда болытлар да, су да, томан да, салават күпере дә, иртәнге шәфәкъ та юк. Чем-кара күләгәләр кискен беленеп тора. Айда су парлары һәм атмосфераның булмавы аның өслегендә турыдан-туры үлчәү юлы белән расланды. Айда күк йөзе, һавасыз пространстводагы кебек, хәтта көндез дә кара булыр иде, ләкин Айны чолгап алган сирәкләнгән тузан болыты, Кояш яктылыгын чәчеп, азрак яктырта.

Ай өслегенә төшә торган метеоритларның еш бәрелеп торуы аны вак кыйпылчыкларга һәм тузан бөртегенә ваклый. Вакуум шартларында бу тузан, молекуляр укмашып, шлаксыман көпшәк катламга әйләнә. Ай кабыгының мондый төзелеше аның җылыны аз үткәрүчәнлегенә сәбәп була. Нәтиҗәдә, Ай өстендәге көчле температура тирбәнешләренә карамастан, аның артык тирән булмаган катлауларында да даими температура саклана. Көннән төнгә күчкәндә температураның бик кискен үзгәрүе атмо-

сфераның булмавы белән генә түгел, бәлки көн һәм төннең бик озын булуы белән дә аңлатыла. Айда көн дә, төн дә бездәге ике атнадан озынрак. Айның Кояш туры төшкән урынында температура $+120°$ С ка җитә, ә төн булган ярымшарында шуңа капма-каршы урында $-170°$ С ка кадәр төшә. Айдагы бер көн эчендә температура менә ничек үзгәрә!

Һәрберегез үткәрә ала торган нинди күзәтүләр Айда көн белән төн алышуын исбатлый? ?

2. Рельефы. Галилей заманыннан ук инде Айның күренә торган ярымшары картасын төзи башлаганнар. Ай өслегендәге караңгы тапларны «д и ң г е з л ә р» дип атаганнар. Ә чынбарлыкта алар — бер тамчы да суы булмаган иңкүлекләр. Аларның төбе караңгы һәм чагыштырмача тигез. Ай өслегенең күпчелек өлешен ачыграк төстәге таулы урыннар алып тора. Анда җирдәгечә Альп, Кавказ һ. б. дип аталган берничә т а у с ы р т ы бар. Тауларның биеклеге 9 км га җитә. Ләкин рельефы нигездә к р а т е р л а р д а н тора. Аларның берничә километр биеклектәге боҗрасыман валлары 200 км диаметрлы зур түгәрәк иңкүлекләрне чолгап алган. Мәсәлән, Клавий һәм Шиккард шундыйлар исәбенә керә. Эрерәкләре галимнәр хөрмәтенә аларның исемнәре белән йөртелә. Мәсәлән, Айда Тихо, Коперник кратерлары һ. б. бар.

Тулган Ай вакытында бинокль белән караганда аның көньяк ярымшарында якты боҗрасыман 60 км диаметрлы Тихо кратерын һәм аннан радиус буенча төрле якка таралучы якты нурларны күрергә мөмкин. Аларның озынлыгы Ай радиусы чамасында. Алар күп кенә башка кратерларны һәм караңгы иңкүлекләрне кисеп үтә. Ул нурларның якты стеналы бик күп кратерлар тупланышыннан барлыкка килүе ачыкланды.

Ай рельефын тикшерелә торган участок т е р м и н а т о р г а, ягъни Айдагы көн-төн чигенә якын чакта өйрәнү яхшырак. Ул вакытта Кояш яннан яктыртканга, кечкенә генә тигезсезлекләрнең дә күләгәсе озын булып күренә. Терминатор янында Айның төнге ягында якты нокталар кабынып китүен бер сәгать буена телескоптан күзәтү бик кызыклы. Болар — Ай кратерлары валларының түбәләре. Караңгылыктан акрынлап якты дага — кратер валының бер өлеше калкып чыга, ләкин кратерның төбе әле тулы караңгылыкка күмелгән була, ниһаять, акрынлап бөтен

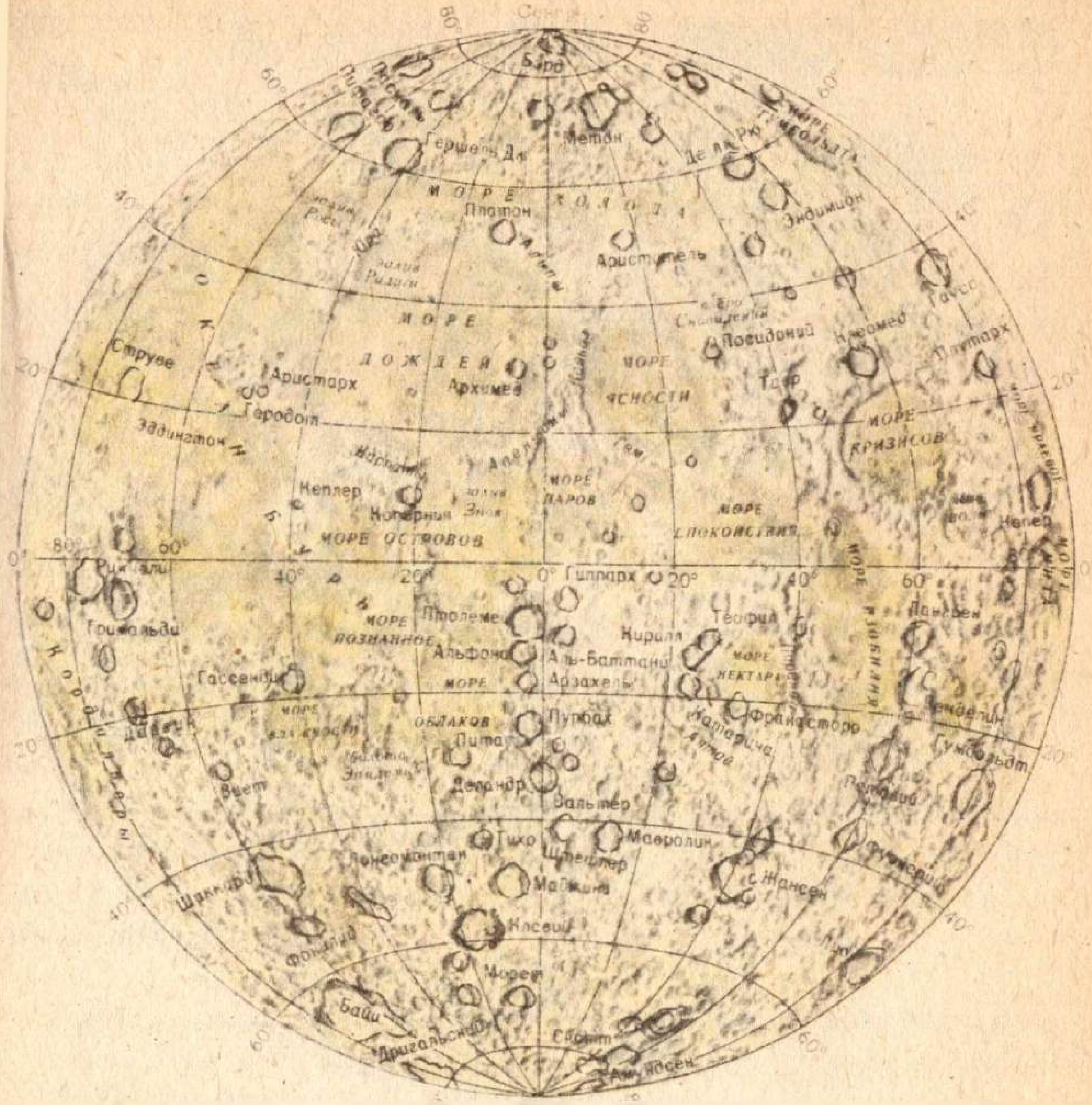
46. Вулкан газлары чыгуы күзәтелгән Альфонс циркы (автомат станция тарафыннан Ай өслегенә бик якын арадан төшереп алынган).

кратер күренә. Кратерлар ни кадәр кечерәк булса, аларның саны да шулкадәр күбрәк булуы яхшы күренә. Алар еш кына бер-бер артлы тезелеп китә һәм хәтта берсе икенчесе өстендә «утыра». Яшьрәк кратерлар картрак кратер валлары өстендә барлыкка килгән. Кратерның уртасында еш кына калкулык күренә — чынлыкта ул таулар төркеме (46 нчы рәсем). Кратер стеналары, эчкә таба киртләч-киртләч булып, текә казылып төшә. Кратерның төбе тирә-яктагы урынга караганда түбәнрәк ята.

Ай өслеге вак кратерлар — сөзәк чокырлар белән ергаланып беткән. Бу — өслеккә вак метеоритлар бәрелү нәтиҗәсе.

Белгәнебезчә, Җирдән Айның бары тик бер ярымшары гына күренә (47 нче рәсем). 1959 елда совет космик станциясе, Ай яныннан үтеп, дөньяда беренче буларак, Айның Җирдән күренми торган ярымшарын рәсемгә төшереп алды. Принципта ул күренә торган ярымшардан аерылмый, ләкин анда «диңгез» иңкүлекләре азрак (48 нче рәсем). Айга җибәрелгән автомат станцияләр тарафыннан якын арадан төшереп алынган Айның күп санлы фоторәсемнәре нигезендә, бу ярымшарның тулы картасы төзелгән. Аппаратлар берничә мәртәбә аның өслегенә төштеләр. 1969 елда беренче тапкыр Американың ике астронавты космик аппаратта Ай өслегенә төште. Хәзерге вакытта АКШ астронавтларыннан торган алты экспедиция, Ай өслегендә булып, Җиргә уңышлы әйләнеп кайттылар. Алар Ай өслегендә җәяү һәм хәтта махсус җайланмага утырып та йөрделәр, анда төрле аппаратлар, аерым алганда, «ай тетрәүләрен» регистрацияләү өчен сейсмограф куеп калдырдылар һәм Ай туфрагының үрнәкләрен алып кайттылар. Совет галимнәре Ай токымы пробасын аның төрле урыннарыннан Җирдән идарә ителә торган автоматлар ярдәмендә алып кайтарттылар.

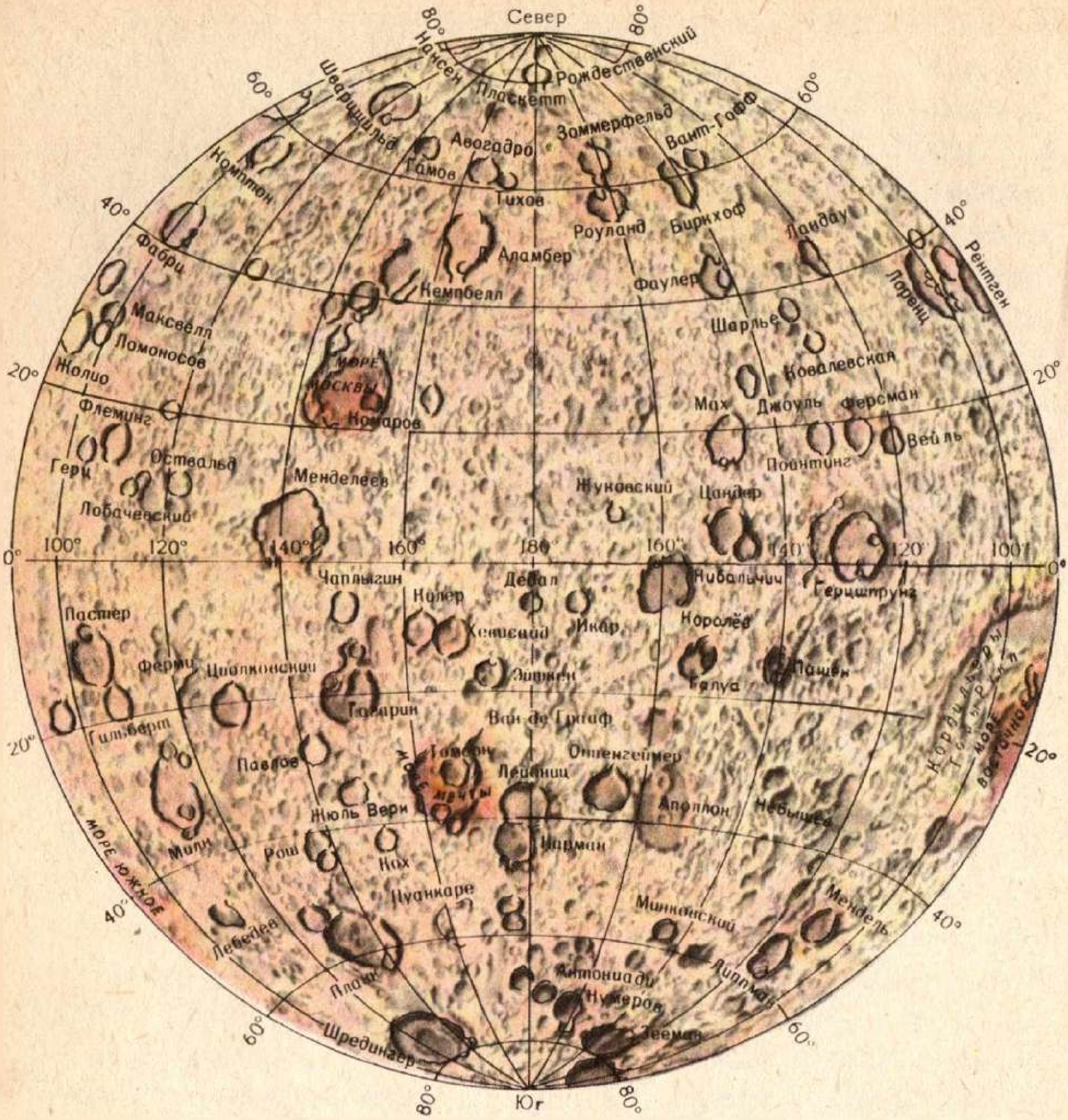
Ай матдәләренең химик анализы Ай токымының Җирнеке



47. Айның Җиргә караган ярымшарындагы иң зур детальләре күрсәтелгән схематик карта.

кебек күп төрле булмавын, ә составы ягыннан базальтка охшаш икәнен күрсәтте.

Айга *луноходлар* (үзйөрешле совет автоматик лабораторияләре) җибәрелде. Алар, Ай өслеге буйлап шактый ара — берничә километр үтеп, күп кенә фәнни үлчәү эшләре башкардылар, туфракка анализ ясадылар. Ай өслегенең хәтта Җирдән тигез кебек күренгән урыннары да күп санлы буранкаларга бай һәм төрле зурлыктагы ташлар белән капланган. Җирдән радио буенча идарә ителә торган луноход «адым саен» урынның харак-

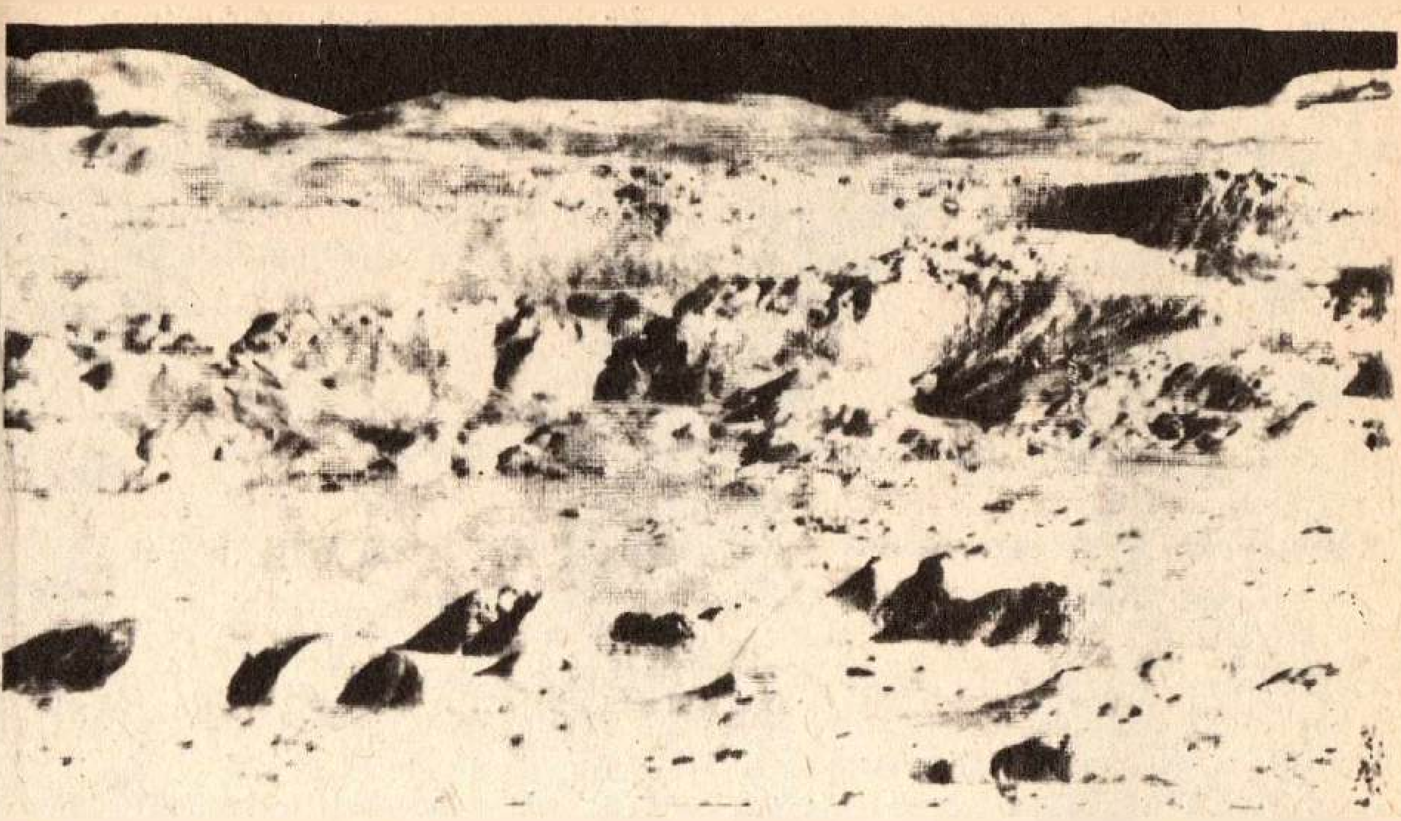


48. Айның Җиргә күренми торган ягының схематик картасы.

терын искә алып хәрәкәт итте һәм аның күренеше телевидение аша Җиргә тапшырыла барды. Совет фәненең һәм кешелек дөньясының бу бөек казанышы Җирдән бик ерак булган башка күк җисемнәрендәге физик шартларны турыдан-туры тикшерү өчен дә мөһим.

Совет космик станцияләре Айда магнит кыры һәм радиация поясларының булмавын ачыкладылар.

Айның рельефын һәм аның барлыкка килүен өйрәнү шулай да кызык, бик күптән булган геологик үзгәрешләрне Ай үз өс-



49. Коперник кратерындагы «үзәк калкулык», дөресрәге, тау тезмәләре һәм эчкә таба киртләч-киртләч булып казылып төшкән валның бер өлеше (кратер Айның ясалма иярчененнән төшереп алынган. Җирдән карагaнда бу кратер Альфонс циркы кебек күренә).

легендә саклаган, чөнки су белән җил аның кабыгын җимерми. Ләкин Ай бөтенләй үк үле дөнья түгел. 1958 елда совет астрономы *Н. А. Козырев* Альфонс кратерында Айның эчке катлауларыннан газ чыгуын күргән.

Айның ясалма иярчененнән төшереп алынган Коперник кратерындагы үзәк калкулык һәм эчке вал күренешен игътибар белән тикшерегез (49 нчы рәсем).

Ай рельефының барлыкка килүендә эчке көчләр дә, тышкы көчләр дә катнашкан булуы ихтимал. Монда тектоник һәм вулканик күренешләрнең дә роле булуда һич шик юк, чөнки Айда лава эзләре, кратер тезмәләре бар. Ай кратерлары Гавай утрауларындагы лава күлләренә охшаганнар. Ай диңгезләренә килгәндә исә, алар Ай кабыгы эреп тишелүдән һәм өскә лава агып чыгудан барлыкка килгән булса кирәк. Шулай да Айда 2 млрд. елдан да яшьрәк токым табылмаган, бу анда магма һәм вулкан активлыгының күптән туктаганы турында сөйли.

Ай кратерларының күбесе метеоритлар, хәтта астероидлар бәрелүдән барлыкка килгән. Җирдә дә метеорит бәрелүдән барлыкка килгән кратерлар бар (97 нче биткә карагыз).

Планеталар системасының кайбер башка җисемнәрендә, мәсәлән Марста һәм Меркурийда, табылган күп кенә кратерлар Ай кратерлары кебек барлыкка килгәнгә охшый. Кратерларның интенсив барлыкка килүе, мөгаен, атмосфераның метеорит төшүтизлеген киметә алмаслык сирәкләнгән булуына бәйләнгәндер.

15 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Җирдән күренгән йолдызлыклар Айдан да күренәме (аларның рәвеше шундый укмы)?
2. Ай түгәрәге читендә лычкы теше кебек булып 1" биеклектәге тау күренә. Аның биеклеген километрларда исәпләп чыгарыгыз.

9 НЧЫ БИРЕМ

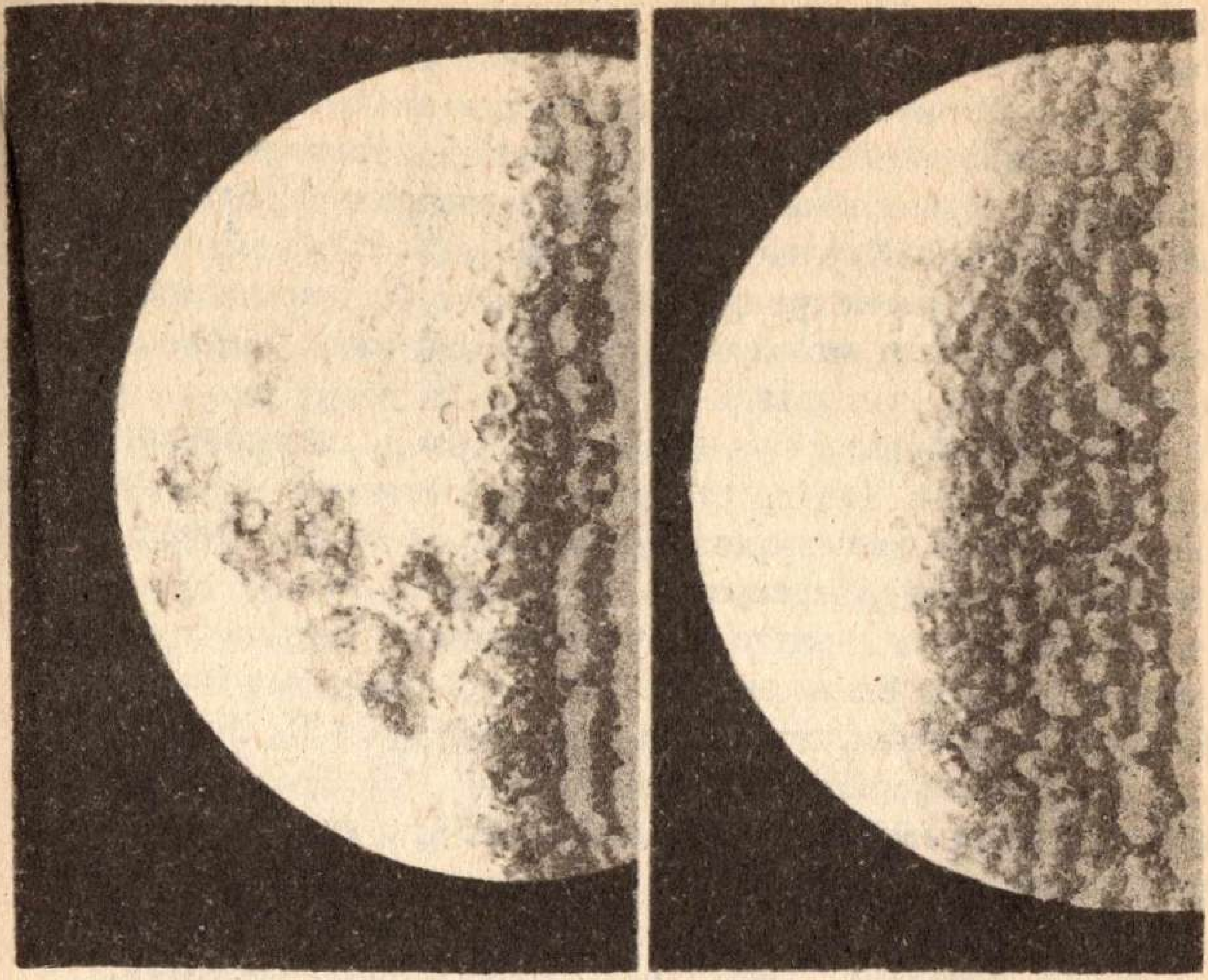
Айның Җирдән күренмә почмакта диаметры 30′ чамасы, ә анә кадәр ераклык 380 000 км икәне билгеле булганда, 17 нче рәсемнән Айдагы Альфонс циркының диаметрын үлчәп һәм формулалардан файдаланып (§ 12 *), аның диаметрын (километрларда) исәпләп чыгарыгыз.

18. ҖИР ТӨРКЕМЕНДӘГЕ ПЛАНЕТАЛАР

Җир төркемендәге планеталар — Меркурий, Венера, Җир һәм Марс гигант планеталардан күләмнәре һәм массалары кечерәк, тыгызлыклары зуррак, үз күчәрләре тирәсендә әкренрәк әйләнүләре, атмосфераларының шактый сирәк, иярченнәренең аз яки бөтенләй булмавы белән аерылып торалар.

Хәзерге вакытта бу төркемдәге планеталарны тикшерү (Ай шикелле үк) комплекслы рәвештә алып барыла. Ул астрономнарның гына түгел, башка өлкәдәге белгечләрнең: геолог, геофизик, топограф, радиоинженер һ. б. игътибарын җәлеп итә. Алар планеталарны өйрәнү өчен Җир шартларында яхшы сыналган һәм планета өслегенең төзелеше, атмосферасы турында ышанычлы мәгълүматлар бирерлек ысуллар кулланалар.

1. Меркурий — Кояшка иң якын планета, Айдан аз гына зуррак, ләкин уртача тыгызлыгы Җирнеке кебек үк диярлек. Радиокүзәтүләр Меркурийның чиктән тыш әкрен әйләнүен күрсәтте. Меркурийның йолдызча тәүлеге, ягъни йолдызларга карата үз күчәре тирәсендә әйләнү периоды, безнең 58,65 тәүлегебезгә тигез. Бу планетада кояшча тәүлек (ягъни бер-бер артлы килгән төш вакытлары арасы) чама белән 176 Җир тәүлегенә тигез. Меркурийның тәүлеге аның 2 елына тигез, чөнки Меркурий Кояш тирәсендә 88 Җир тәүлегендә әйләнеп чыга.



50. Бердәй фазадагы Ай белән Меркурийны чагыштыру: Ай — сулда, Меркурий — уңда (бу фоторәсемнәрнең масштабы бертөрле түгел).

Меркурийда атмосфера юк. Шуңа күрә көндезге ярымшар бик нык кыза. Меркурийның нәкъ Кояш турысындагы ноктасында температураның 400° С тан артык булуы беленгән. Мондый температурада кургаш, аккургаш, хәтта цинк та эри.

Меркурийда божрасыман таулар һәм кратерлар шулкадәр күп, фоторәсемдә планета өслеген Ай өслегеннән аерып та булмый (50 нче рәсем). Алар шулай ук нурларны кайтара алулары белән һәм өслек катламнарының җылы үткәрүчәнлекләре белән дә бер-беренә охшаганнар. Ай «диңгезләренә» охшаган түбәнлекләрнең аз булуы — күренеп торган аермалыклардан санала. Диаметры 1300 км чамасы булган *«Эсселек диңгезе»* — иң зурларыннан берсе.

2. **Венера** — күләме һәм массасы буенча Җирдән аз гына кечерәк. Ломоносов һәм аның замандашлары ук Венераның атмосферасы барлыгын ачкан була. Ломоносов аның атмосферасы Җир атмосферасыннан тыгызрак булырга тиеш дип дөрес уй-

лаган. Венера тоташ ак болытлар белән чолганып алынган. Алар радиодулкыннарны гына үткәрәләр. Радиокүзәтүләр ярдәмендә Венераның үз күчәре тирәсендә башка планеталар (Уран бу исәпкә керми) әйләнүенә һәм үзенең Кояш тирәсендәге хәрәкәтенә капма-каршы юнәлештә әйләнүе ачыкланды. Венерада кояшча тәүлек 117 Җир тәүлегенә тигез.

Венера күчәренең үз орбитасы яссылыгына авышлыгы туры почмакка якын, шулай булгач, төньяк һәм көньяк ярымшарларын Кояш тигез яктырта.

1961 елдан башлап Венерага совет автомат станцияләре җибәрелә башлады. Кайбер станцияләрдән Венерага парашют белән аппаратлар төшерелде. Бу автомат приборлар төрле биеклектә Венера атмосферасының һәм өслегенең характеристикаларын үлчәп, аларны радио буенча Җиргә тапшырып тордылар. Әлеге приборлар Венераның магнит кыры барлыгын сизмәделәр. Алар Венераның өслеге янында температура 470—480° С, ә басым 100 атмосферадан артыграк ($\approx 10^7$ Па) булуын күрсәттеләр. Венера атмосферасы массасының 97% ы углекислый газдан гыйбарәт, азот һәм инерт газлар берничә процент, кислород 0.1% чамасы, ә су парлары тагын да кимрәк булуы ачыкланды.

Венера атмосферасында яшен бушанулары күзәтелгән.

Венера атмосферасының түбән катлауларында һәм аның өслегендә температураның артык югары булуы күбесенчә «парник эффекты» дип аталган күренешкә бәйләнгән. Кояштан килгән яктылык нурлары атмосфераның түбән катлауларында йотылалар да, инфракызыл нурлар рәвешендә кире кайтарылып, болыт катлавы тарафыннан тоткарланалар. Бу — парникның җылынуын хәтерләтә. Венера өслегеннән күтәрелгән саен температура кими бара һәм стратосферада салкынлык хөкем сөрә.

51. Болытлар белән чолганып алынган Венераның фоторәсеме (космик станция төшереп алган).

Күренмә нурларда Венераның болытлары тулысынча бертөрле ак, ә ультрамиләүшә нурларда болытларның катлам-

катлам булуы ачык күренә (51 нче рәсем). Бу аның атмосферасының югары катлауларында көчле газ агышлары барлыгы турында сөйли. Атмосфераның түбән катлауларында секундына бары тик берничә метр гына булган җил тизлеге 50 км чамасы биеклектә 60 м/с ка җитә. Венераның болытлары аша (алар сульфат кислотасы белән башка химик кушылмаларның аз гына катнашмасыннан тора булса кирәк) планетаның өслеге күренми. Җирдән, шулай ук планетаара автомат станцияләрдән үткәрелгән радиолокацион тикшеренүләр Венера өслеге рельефын өйрәнергә мөмкинлек бирде. Планета өслегендә тау тезмәләре һәм кратерлар табылды.

Венера өслеге токымнарындагы радиоактив калий, уран һәм торий составының анализы аларның Җирдәге базальт токымнарына охшаш икәнен күрсәтте.

Планета өслегенә төшерелгән совет автомат станцияләренең телевизион камералары Җиргә тереклеге булмаган ташлы урынның панорамаларын тапшырдылар (1975 нче елда «Венера-9 һәм -10» — ак-кара рәсем, 1982 нче елда «Венера-13 һәм -14» — төсле рәсем тапшырдылар). Венера атмосферасы һава шарларына куелган фәнни аппаратуралар ярдәмендә өйрәнелде. Һава шарларын планетага совет станцияләре, мәсәлән, 1986 елда Венера белән Галлей кометасын якыннан өйрәнү өчен җибәрелгән «Вега-1» һәм «Вега-2» станцияләре белән илтте (исеме Ве(нера) белән Га(ллей) дан алынган).

Ни өчен күләме һәм массасы ягыннан Җиргә бик охшаган планета үзенең үсеш дәверендә бик күп характеристикалары белән безнең планетадан шактый нык аерыла башлаган? Күрәсең, бу сорауга киләчәктәге тикшеренүләр генә җавап бирә алыр.

Күрше ике планетаның табигатендә җитди аерымлыклар булуга карамастан, Венерадагы атмосфера процессларын тикшерү Җир метеорологиясе мәсьәләләрен чишү өчен файдалы нәтиҗәләр бирә.

3. Марс. Марсның диаметры Җирнекеннән ике тапкыр кечерәк. Орбитасының эксцентриситеты шактый зур, шуңа күрә Марс, перигелий янында каршыда торышта булганда яктырышы буенча Венерадан гына калышып, күк йөзендә балкып тора. Мондый иң якын кара-каршы торышлар 15 яки 17 ел үткән саен кабатлана.

Марсның елы Җир елыннан ике тапкыр диярлек озынрак. Анда да ел вакытлары алышынып тора, чөнки Марсның тәүлек-

Венера өслегенең панорамасы (Җиргә «Венера-14» автомат станциясеннән тапшырылган).

лек әйләнү күчәренең авышлыгы Җирнеке кебек үк диярлек.

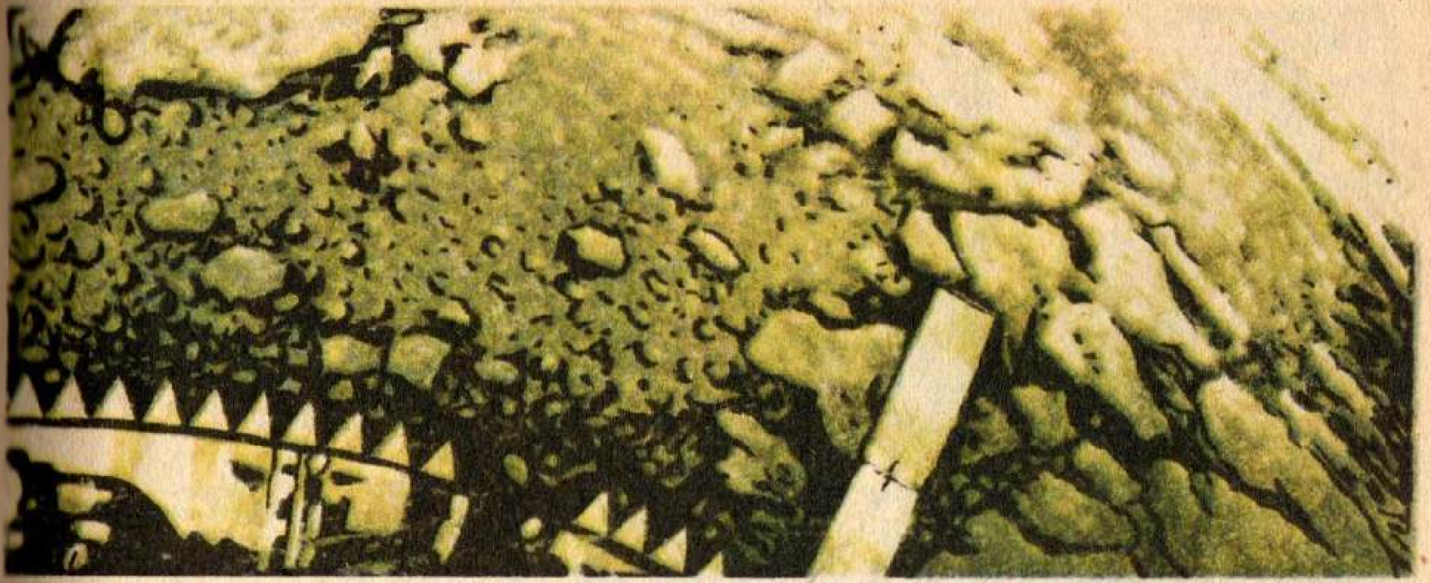
Мәктәп телескобыннан Марста ак **поляр бүрекләр**не, марсиан «**чүлләренең**» гомуми кызгылт-сары фонында кара тапларны («**диңгезләр**»не) күрергә була.

Марс тирәсендәге орбитага чыгарылган автомат станция-лабораторияләр Җирдән бирелгән команда буенча планета өслеген фоторәсемгә төшерделәр, атмосферасын өйрәнделәр. Марста атмосфера барлыгы күптән билгеле. Планетаның атмосферасы бик сирәк, аның басымы җирнекеннән 100 тапкыр диярлек кимрәк булып чыкты. Атмосфера, нигездә, углекислый газдан тора. Анда кислород һәм су парлары чиктән тыш аз.

Марста шартлар бик кырыс. Хәтта экваторда да җәен температура 0° С ка сирәк күтәрелә, ә төнен чатнама суыклар (—70°; —100° С) була. Марста температураның тәүлеклек үзгәреше 80—100° С ка җитә.

? *Ни өчен Марста температураның бер тәүлектәге тирбәнешләре Җирдәгегә караганда кискенрәк?*

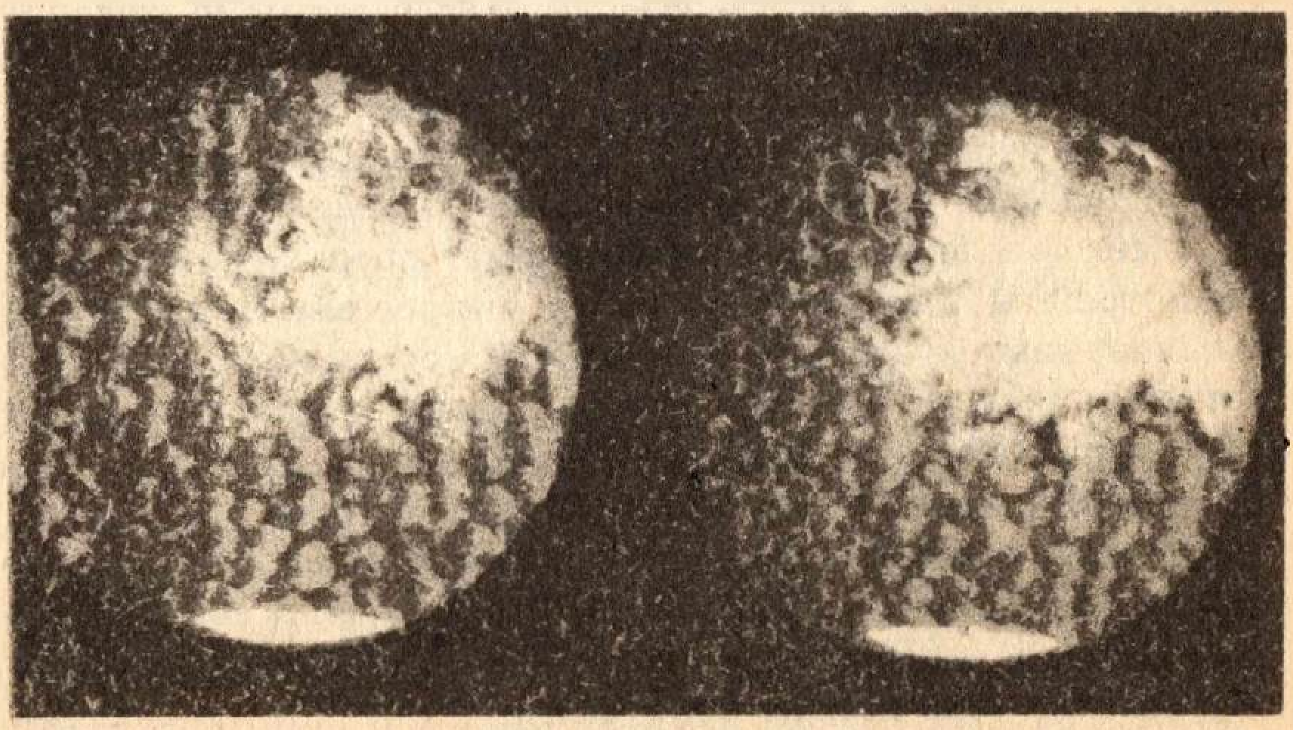
Бигрәк тә полюсларда салкын (—130° С ка җитә). Мондый шартларда су гына түгел, углекислый газ да ката. Шулар нинде полюсларда яхшы күренә торган ак катламны барлыкка китерәләр, ләкин андый катламнар планетаның башка өлешләрендә дә бар.

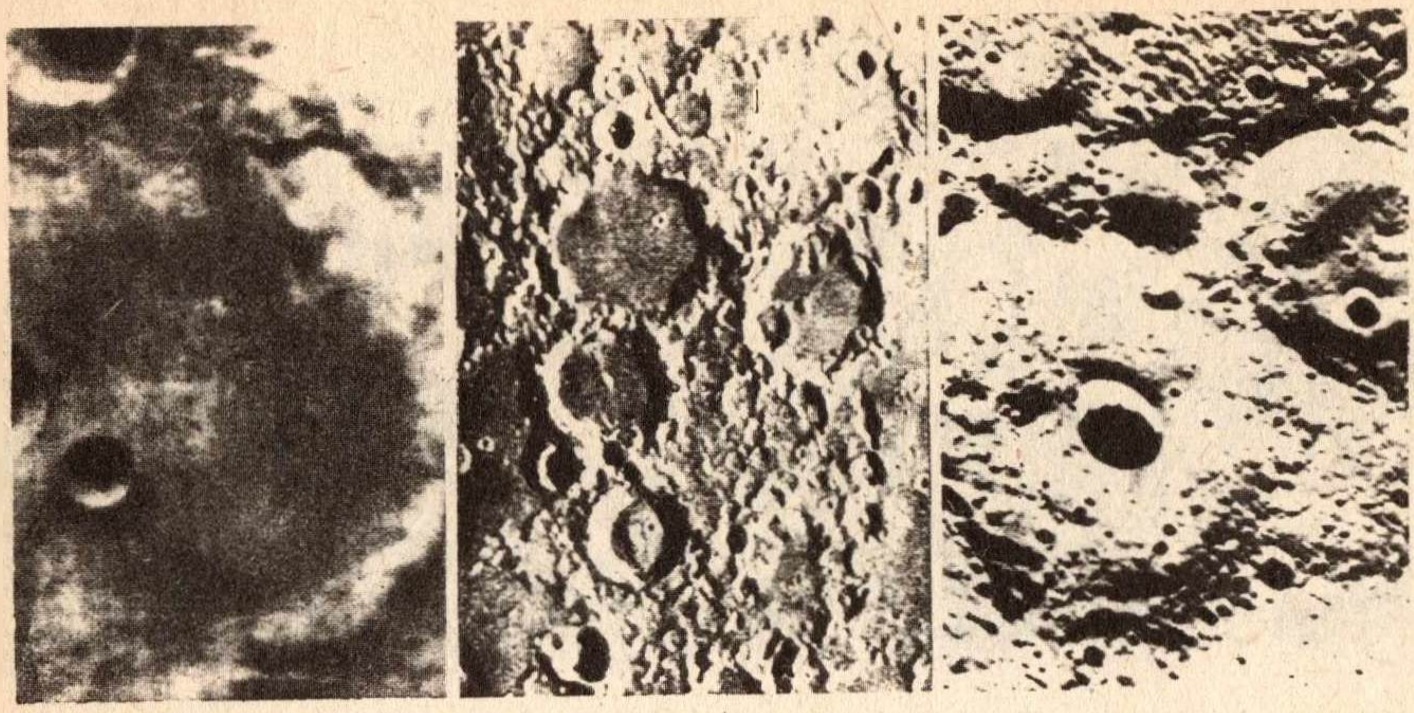


Марс атмосферасында (Венерадан аермалы буларак) аратирә генә, ешрак поляр бүрекләр өстендә, сирәк кенә ак болытлар һәм томан күзәтергә була.

Сирәк кенә Марста көчле тузан давыллары күзәтелә, алар кайчагында айлар буе дәвам итә һәм һавага гаять күп микъдарда тузан бөртекләре күтәрелә. Шулай итеп, Марска тулысынча кызгылт сары төс бирүче ком чүлләренең булуы раслана. Ту-

Марсның 450 000 км ераклыктан төшереп алынган фоторәсеме.





52. Марстагы, Айдагы һәм Меркурийдагы кратерларны чагыштыру (сулдан уңга таба).

зан давылларына караганда, Марста тизлеге секундына уннарча метрга житә торган көчле жилләр булырга тиеш.

Марс өслегенә берничә космик аппарат төшерелде. Планетаның төрле ераклыктан төшерелгән меңләгән фоторәсеме алынды. Шул фоторәсемнәр нигезендә Марс өслегенең тулы картасы төзелде.

Марсны, Ай белән Меркурий кебек үк, кратерлар каплап алган (52 нче рәсем). Марс кратерларының формасы өслегенең жил тәэсирендә ашалып тигезләнә баруын күрсәтә. Марста гаять зур, күрәсең күптән сүнгән, берничә вулкан табылган. Аларның иң зурысының биеклеге 27 км тәшкил итә. Планета өслегенең кайбер өлкәләре арасында биеклекләр аермасы Жирдәге кебек үк шактый зур. Марста каньоннар табылган, алар зурлыклары һәм формалары белән Жирдәге кипкән елгаларны хәтерләтә.

Планета өслегенә төшерелгән автомат станцияләр тарафыннан Марстагы токымнарга тикшерү үткәрелгән. Тикшеренүләр токымнарының Жирдәгегә һәм Айдагыга охшаганлыгы турында нәтижә ясарга, ә кызгылт төснең тимер оксиды гидратлары булу белән аңлатырга мөмкинлек бирделәр.

Марсның магнит кыры Жирнекеннән көчсезрәк.

Органик кушылмаларны, тере организмнарны (бактерияләр рәвешендә генә булса да) ачыклау буенча космик автомат «Викинг-1 һәм-2» аппаратлары ярдәмендә үткәрелгән биологик экспериментлар уңай нәтижә бирмәделәр.

18 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Җирдән телескоп аша караганда Ай өслегендәге 1 км зурлыктагы предметлар күренә торган булса, каршыда торыш вакытында (55 млн. км ераклыкта) Марста күренә торган предметлар иң кимендә нинди зурлыкта булырга тиеш?
2. Марстан күзәткәндә Кояшның почмакча диаметры күпмегә тигез булыр иде?

19. ГИГАНТ ПЛАНЕТАЛАР

1. Гигант планеталарның үзенчәлекләре. Дүрт гигант планетадан иң зурысы, безгә һәм Кояшка иң якыны Юпитер барыннан да яхшырак өйрәнелгән. Юпитерның әйләнү күчәре аның орбита яссылыгына перпендикуляр диярлек, шуңа күрә анда ел вакытлары алышынмый.

Барлык гигант планеталар үз күчәрләре тирәсендә шактый тиз әйләнәләр, ә аларның тыгызлыклары кечкенә. Шуңа күрә алар шактый нык яньчелгән.

Барлык гигант планеталар калын атмосфера катлавы белән чолганып алынган. Без планеталарның экваторына параллель рәвештә буй-буй сузылган йөзеп йөрүче болытларны гына күрәбез.

V кушымтадан файдаланып, Җир һәм Юпитерның экваторларында әйләнү тизлекләренең сызыкча һәм почмакча кыйммәтләрен табыгыз. **!**

Юпитердагы болыт полосалары бик үк көчле булмаган телескоп аша да ачык күренә (форзацны карагыз). Юпитер зоналап әйләнә, полюска якынлашкан саен аның хәрәкәте әкренәя. Экваторда аның әйләнү периоды 9 сәг 50 мин, ә урта киңлекләрдә берничә минутка артыграк. Башка гигант планеталар да шуңа охшаш әйләнә.

Гигант планеталар Кояштан бик ерак булу сәбәпле, аларның температуралары (һәрхәлдә, аларның болытлары өстендә) бик түбән. Юпитерда — 145° С, Сатурнда — 180° С, ә Уран белән Нептунда тагын да түбәнрәк.

Гигант планеталарның атмосфералары, нигездә, молекуляр водородтан тора, анда метан CH_4 бар һәм гелий бик күп булса кирәк, ә Юпитер белән Сатурнның атмосферасында тагын аммиак NH_3 тә бар. Ераграк планеталарның спектрында NH_3

сызыкларының юклыгы анда аммиакның каты хәлдә булуы белән аңлатыла. Түбән температурада аммиак конденсацияләнә. Юпитердагы күренмә болытларның шундый аммиактан торулары ихтимал.

Планеталардагы болытларның химик составы бик төрле. Бу болытларның уртак үзлекләре нинди? Аларның төрле планеталарда барлыкка килүләре нинди процессларга нигезләнә?

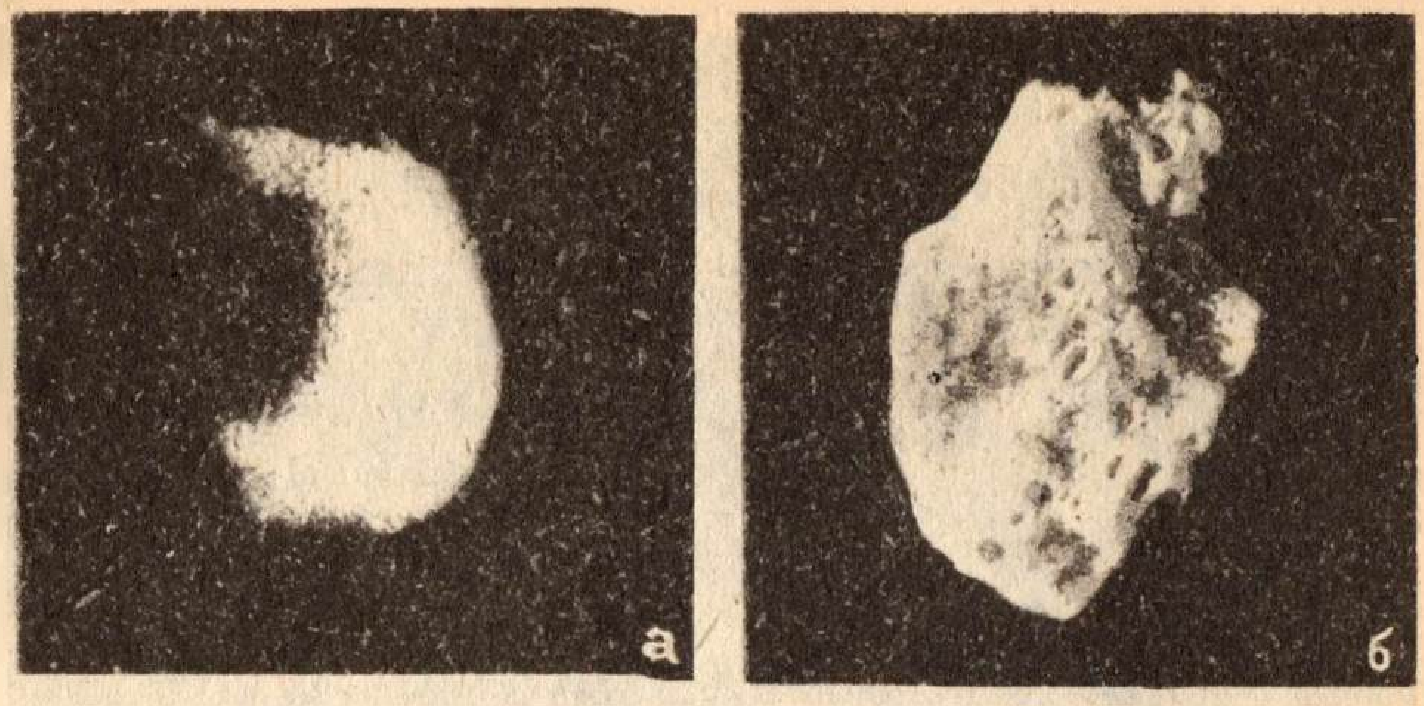
Атмосфераның болытларны һәм аның белән янәшәдәге башка катламнарны да элэктереп алган көчле хәрәкәтләре даими булып торалар. Әйтик алганда, Юпитерда 300 елдан бирле күзәтелә торган атаклы Кызыл тап шундый атмосфера «давылы» булып тора.

Төрле планеталарның атмосфераларындагы процессларны өйрәнү Жир метеорологиясе һәм климатологиясенә дә ярдәм итә. Водород һәм гелийдан торган зур планеталарның теоретик моделе төзелгән. Юпитерның эчке төзелеше моделен исәпләүләрдән күренгәнчә, үзәккә якынлашкан саен водород эзлекле рәвештә газ, газлы сыек һәм сыек фазаларны үтәргә тиеш. Планетаның үзәгендә температура берничә мең кельвинга житәргә мөмкин. Анда металл, силикат һәм металл фазадагы водородтан торган сыек төш урнашкан. Водород 10^{11} Па басым булганда металл фазасына керә. 1975 елда водородның металл фазасын эксперимент юлы белән Жирдә дә табып булды. Бу — гигант планеталарның эчке төзелешен теориягә генә нигезләнеп исәпләүләрнең дөреслеген раслый

Магнит кыры булу аркасында, Юпитерның, Жирнеке кебек үк, радиация пояслары да бар, ләкин алар Жирдәгеләрдән шактый көчлерәк. Аның магнит сферасы миллион километрларга сузылган, дүрт зур иярченен дә чолгап алган. Юпитер радионурланыш чыганагы булып тора. Космик аппаратлар анда көчле яшен яшьнәүләрен язып алдылар.

Планеталар турындагы калган мәгълүматлардан Уранның, Венера кебек үк, үз күчәре тирәсендә башка барлык планеталарга капма-каршы юнәлештә әйләнүе игътибарга лаек. Шуның өстенә, ул яны белән ятып әйләнә дияргә була. Шуңа күрә бер ел эчендә планета өслеген яктырту шартлары бик кискен үзгәрә.

Иң ерак планета Плутон — гигант планета түгел. Ул — зур булмаган, бик аз өйрәнелгән салкын планета. Анда ел якынча 250 Жир елына тигез.



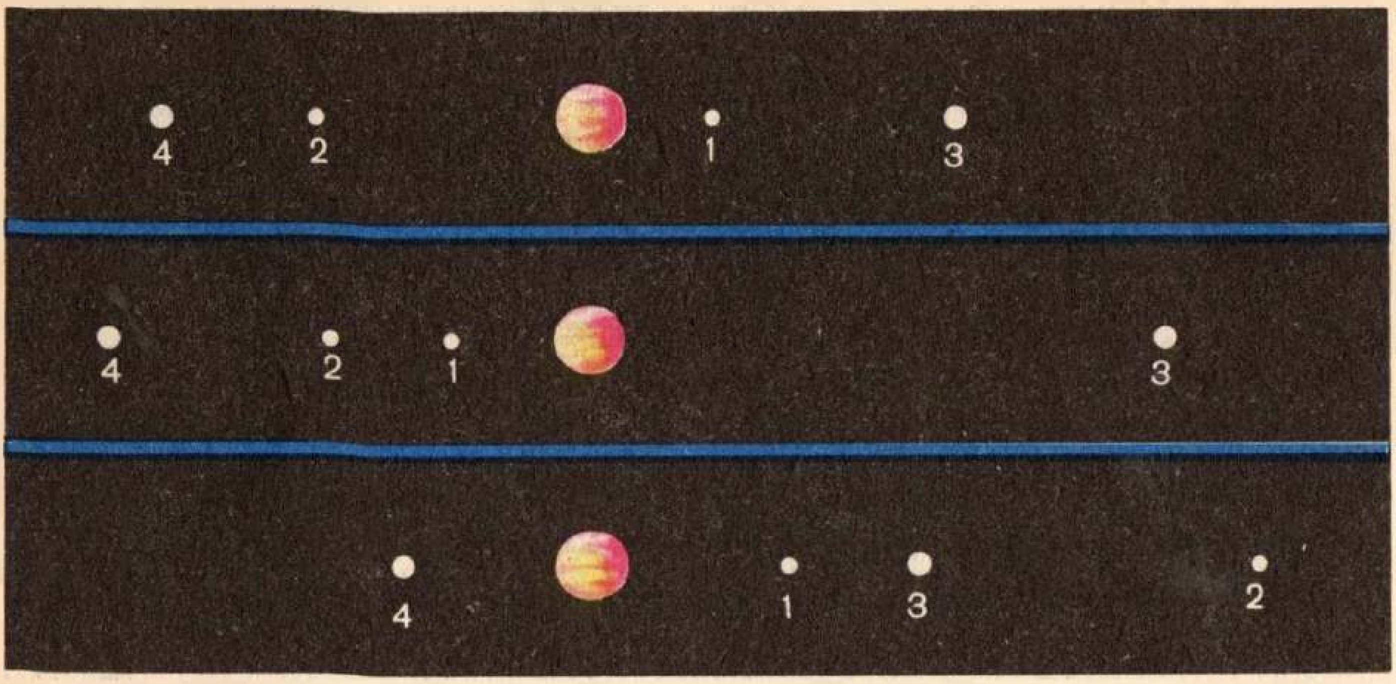
53. Марсның иярченнәре: а — Деймос, б — Фобос.

2. Планеталарның иярченнәре һәм боҗралары. Меркурий белән Венераның иярченнәре юк. Җирнең бердәнбер табигый иярчене — *Ай.* Ул диаметры буенча Җирдән 4 мәртәбә генә кечерәк. Плутонның үзеннән үлчәме белән бары тик ике тапкыр гына кечкенәрәк табигый иярчене барлыгы билгеле булды. Ул *Харон* дип атала. Марсның ике иярчене бар: *Фобос* белән *Деймос* (53 нче рәсем). Калган планеталарның иярченнәре күп, ләкин алар үзләренең планеталарыннан чагыштыргысыз дәрәҗәдә кечкенә. Гигант планеталар яныннан очып үтүче һәр космик аппарат планеталарның әлегә кадәр билгеле булмаган кечкенә иярченнәрен ача. Мәсәлән, соңгы вакытта Уранның тагын 8 иярчене барлыгы беленде.

Таблица буенча (V кушымта) *иң күп иярченле планеталарны табыгыз.*

Иярченнәрдән иң зурлары: *Титан* (Сатурнның иярчене) һәм *Ганимед* (Юпитерның өченче иярчене). Алар диаметрлары буенча Айдан 1,5 тапкыр зур һәм Меркурийдан да бераз зуррак. Титан — калын атмосфералы бердәнбер иярчен. Аның атмосферасы, нигездә, азоттан тора.

Планетаара автомат станцияләр ярдәмендә якын арадан Марс иярченнәренең һәм гигант планеталарның күп кенә иярченнәренең рәсемнәрен төшереп алырга мөмкин булды. Ул рәсемнәрдә өслектәге күп санлы аерым детальләр: кратерлар, ярылган урыннар, аерым тигезсез урыннар бик ачык күренә. Юпитер һәм

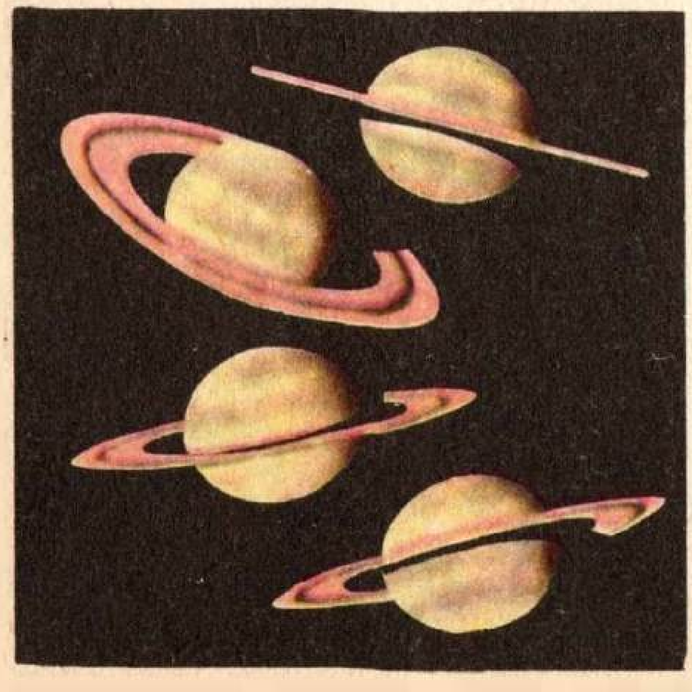


54. Юпитерның төп дүрт иярчененең өч көн эчендә торышы үзгәрү күренеше.

тагын да ераграк планета иярченнәренең өслекләре уннарча километр калынлыктагы туэанлы боз катлавы белән капланган. Юпитерның иярчене *Иодан* хәрәкәттәге берничә вулканның рәсеме төшереп алынды. Барлык иярченнәр дә, шул исәптән Марсның 20 км чамасы үлчәмле иярчене кебек бик кечкенә булганнары да, башлыча метеоритлар бәрелүдән ясалган кратерлар белән капланган булып чыкты (53 нче рәсем).

Күп кенә иярченнәр, Ай кебек, үзләренең планеталарына һәрвакыт бер үк яклары белән борылганнар. Аларның йолдызча әйләнү периодлары үз планеталары тирәсендә әйләнү периодларына тигез.

55. Сатурн боҗрасының күренеше үзгәрү.



Юпитерның иң зур дүрт иярченен кайвакыт хәтта призмалы бинокль аша да күрергә мөмкин. Берничә сәгать буена телескоп аша күзәткәндә, иярченнәрнең сизелерлек дәрәҗәдә хәрәкәт итеп, кайвакыт Юпитер белән Җир арасыннан үтүен, ә кайчагында Юпитер дискысы артына китеп югалуын яки аның күләгәсенә ке-

реп тотылуын күзәтергә мөмкин (54 нче рәсем). Ремер XVII гасырда, бу иярченнәрнең тотылуын күзәтеп, яктылык таралу тизлегенең чиге булуын ачкан һәм бу тизлекнең санча кыйммәтен исәпләп чыгарган.

Күп кенә иярченнәрнең хәрәкәтләре бик кызыклы: мәсәлән, *Фобос* Марс тирәсендә, планетаның үз күчәре тирәсендәге хәрәкәтенә караганда, өч тапкыр тизрәк әйләнә. Шуңа күрә Марстагы күзәтүче аның көнбатышта тәүлеккә ике тапкыр калкуын һәм, күк йөзеннән йолдызларның тәүлеклек әйләнешенә каршы узып, барлык фазаларын ике тапкыр алмаштырганын күрер иде. Марсның иярченнәре аның өслегенә бик якын торалар. Фобос Марс өслегенә планета диаметрыннан да якынрак тора.

Юпитер белән Сатурнның ерак иярченнәре бик кечкенә һәм дөрес формада түгел, аларның кайберләре планетаның үз күчәре тирәсендәге хәрәкәтенә капма-каршы юнәлештә әйләнә. Уран иярченнәренең орбита яссылыгы планета экваторы яссылыгына якын тора, шулай булгач, планетаның орбита яссылыгына перпендикуляр диярлек.

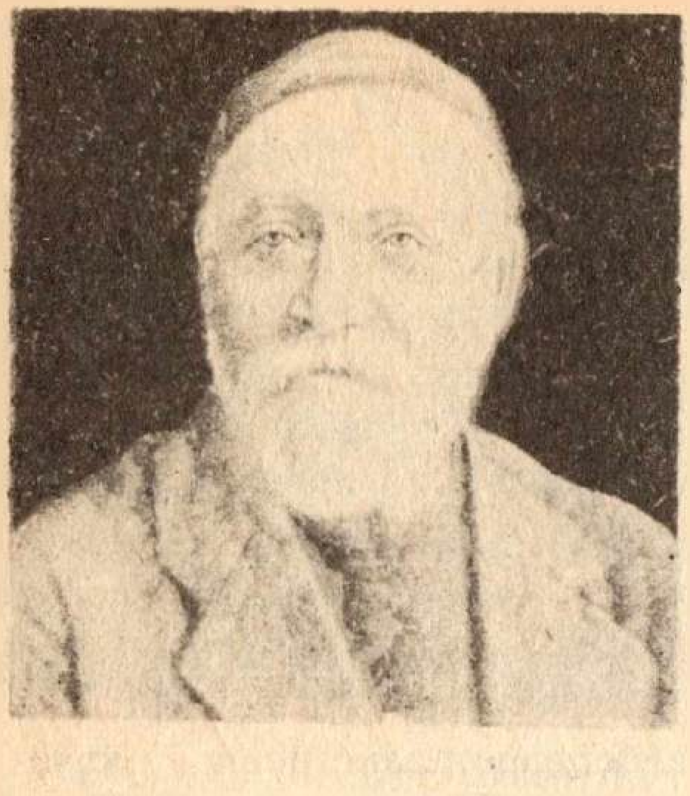
Гигант планеталар күп санлы иярченнәре булу белән генә түгел, боҗралары булу белән аерылып торалар. Ләкин Җирдән телескоп белән караганда, Сатурнны чолгап алган йөз метр чамасы калынлыктагы якты боҗраны гына күрергә була (китапның тышлыгын карагыз). Ул Сатурнның орбита яссылыгы белән 27° ясап авышкан экватор яссылыгына урнашкан. Шуңа күрә Сатурнның Кояш тирәсендә 30 еллык әйләнү дәверендә аның боҗрасы я безгә шактый җәенке булып, я нәкъ яны белән торгандай күренә, ул вакытта аны зур телескоплардан да күреп булмый (55 нче рәсем). Ул боҗраның киңлеге Җир диаметрыннан берничә тапкыр зуррак.

Рус галиме *А. А. Белопольский* (1854—1934) боҗраның спектрын өйрәнеп, Сатурнның боҗрасы тоташ түгел, ул бик күп вак кисәкчекләрдән торырга тиеш дигән теоретик нәтиҗәне раслый. Ул спектр буенча, Доплер эффектыннан файдаланып, боҗраның эчке өлешләренең тышкы өлешләренә караганда тизрәк әйләнүен ачыклады. Бу Кеплерның III законына туры килә.

Сатурнга җибәрелгән автоматик станцияләр тапшырган фоторәсемнәрдән күренгәнчә, боҗра йөзләгән аерым тар «боҗралардан тора». Алар бер-берсеннән караңгы аралыклар белән аерылганнар. Боҗраларның мондый структурасы боҗраны хасил итүче матдә кисәкчекләренең хәрәкәтенә планетаның күп

санлы иярченнәренең гравитацион тәэсире белән бәйләнгән дип уйланыла.

Сатурнның боҗралары системасы планетаның нинди дә булса бер иярчененең кайчандыр җимерелүе (мәсәлән, башка иярченнәр яки астероид белән бәрелүе нәтиҗәсендә) барлыкка килгән, яки бик күптән. Сатурнның иярченнәре хасил булганда, күтәрелешләр тәэсирендә аерым иярчен булып «җыела» алмаган матдә калдыклары булырга тиеш.



А. А. Белопольский (1854—1934). Совет астрономы, астрономик объектларны спектраль анализ ярдәмендә тикшерүләрнең хәзерге заман методларына нигез салучы. Доплер эффектын эксперимент ярдәмендә раслады, күп йолдызларның нур буенча тизлекләрен исәпләде. Сатурн боҗраларының әйләнүен тикшереп, аларның вак космик җисемнәрдән торуын исбат итте.

Марсның иярченнәре, гигант планеталарның ерактагы кечкенә иярченнәре астероидлар булган, күрәсең, һәм аларны бу планеталар тарту көче тәэсирендә эләктереп алганнар булса кирәк.

Күптән түгел Уран һәм Юпитер тирәсендә дә бик томык һәм тар боҗралар булуы ачыкланды. Алар яктырышлары белән Сатурн боҗраларыннан күп калыша. Зур планеталар тирәсендә боҗралар булуын совет галиме *С. К. Всехсвятский* алдан әйткән була.

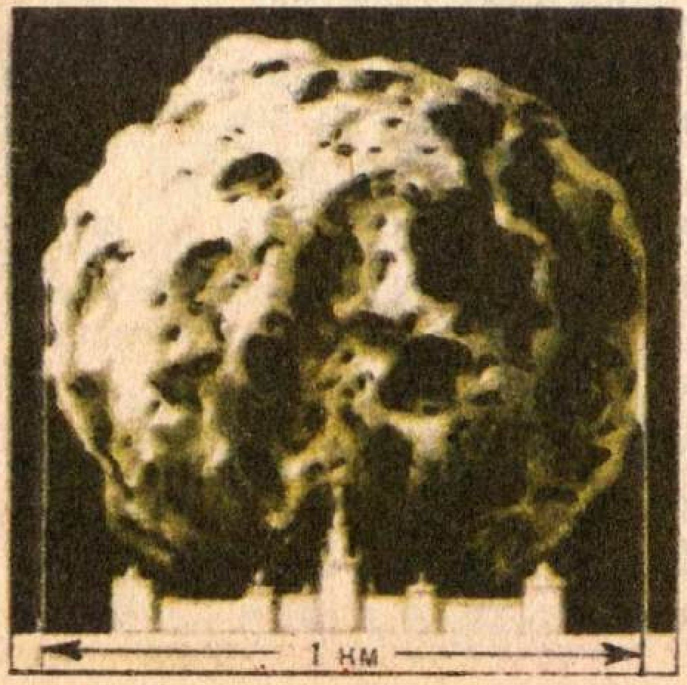
Планеталар турында сөйләргә хәзерләнгәндә, V кушымтада бирелгән мәгълүматлардан файдаланыгыз һәм түбәндәге планга таянып эш итегез:

1. Планета кергән төркем. Ул төркемнең үзенә генә хас үзенчәлекләре.
2. Планетаның күләме, массасы.
3. Планетаның Кояштан ераклыгы.
4. Аның үз күчәре тирәсендә һәм орбитасы буенча әйләнү периодлары.
5. Атмосферасының характеристикасы.
6. Температура шартлары.
7. Рельефы (Җир төркемендәге планеталар өчен).
8. Иярченнәренең саны һәм характеристикасы.

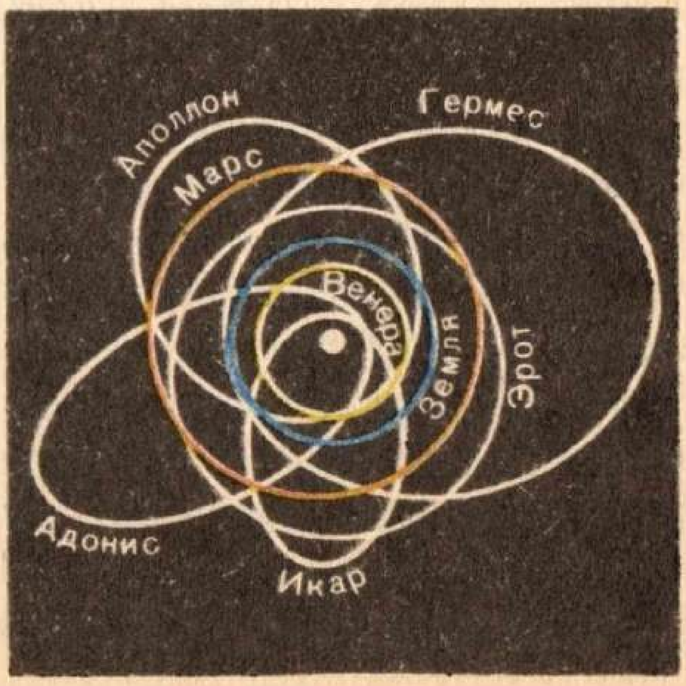
20. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ КЕЧКЕНӘ ҖИСЕМНӘР

1. Астероидлар. Кечкенә планеталар, ягъни астероидлар, нигездә, Марс белән Юпитер орбиталары арасында әйләнеп йөриләр һәм аларны гади күз белән генә күреп булмый. Беренче кечкенә планетаны 1801 елда ачканнар, һәм аны гадәт буенча *Церера* (грек-рим мифологиясендәге исемнәрнең берсе) дип атаганнар. Озак та үтми, башка кечкенә планеталар да — *Паллада, Веста, Юнона* табылды. Фоторәсемгә алу ысулыннан файдалана башлагач, тагын да тоныграк күренгән астероидларны күбрәк ача башладылар. Хәзерге вакытта 3000 нән күбрәк астероид билгеле. Астероидлар миллиард еллар буена бер-берсе белән бәрелешеп тузалар. Күп кенә астероидларның шар формасында түгел, бәлки төрле формада булулары да шул ук фикергә китерә. Астероидларның тулай массасы Җир массасының 0,1 өлеше кадәр генә.

Иң якты астероид — *Веста*, аның яктылыгы алтынчы йолдызча зурлыктан артмый. Иң зур астероид — *Церера*. Аның диаметры 800 км чамасы һәм Марс орбитасы артында хәтта бик көчле телескоптан караганда да шундый кечкенә дискта берни дә күреп булмый. Билгеле булган иң кечкенә астероидларның диаметры бер километр чамасы гына (56 нчы рәсем). Астероидларда атмосфера юк, әлбәттә. Күк йөзендә кечкенә планеталар

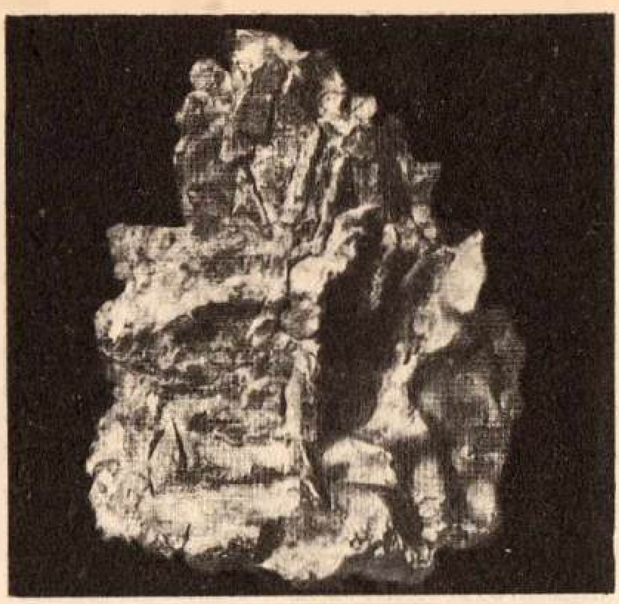


56. Билгеле булган астероидлардан иң кечкенәсенең зурлыгын МДУ бинасы белән чагыштыру.



57. Орбиталарының эксцентриситеты зур булган кайбер астероидларның орбиталары.

58. Болидның очышы.



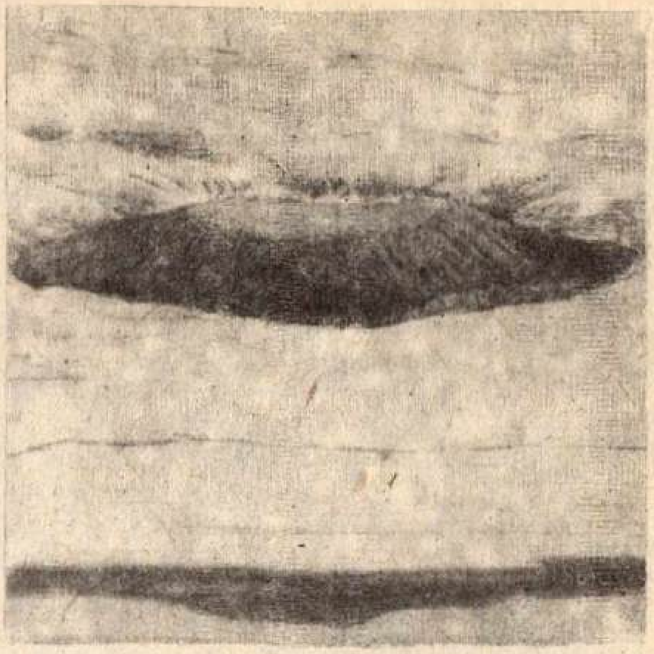
59. Тимер метеорит.

йолдыз кебек күренә, шуңа күрә аларны астероидлар дип атыйлар, бу борынгы грек телендә «йолдызсыманнар» дигәнне аңлата. Йолдызлы күк йөзендә аларга, планеталардагы кебек үк, әлмәксыман хәрәкәт хас. Кайбер астероид орбиталарының эксцентриситетлары гадәттән тыш зур була, шунлыктан алар үзләренең перигелиендә Кояшка, Марс һәм Җиргә караганда (57 нче рәсем), ә *Икар* Меркурийга караганда якынрак килә. 1968 елда Икар Җиргә 10 млн. километрдан да якынрак килде. Ләкин аның тарту көче бик кечкенә булу сәбәпле, ул Җиргә берничек тә тәэсир итә алмады. Кайвакыт Гермес, Эрот һәм башка вак планеталар да Җиргә бик якын килә.

Яңа астероидларны һәр елны ачып торалар. Планетаны беренче ачкан кеше шул планетага исем сайлау хокукына ия. Аннары ул исем халыкара комитетта раслана. Астероидларга күбрәк танылган галим, герой, сәнгать эшлеклесенең исеме бирелә. Мәсәлән, 1978 елда ачылган астероидка соңрак шушы дәреслекнең авторы хөрмәтенә *Воронвелий* дигән исем бирелгән.

2. Болидлар һәм метеоритлар. Күктә очып баручы ут шары болид дип атала (58 нче рәсем). Бу шактый сирәк күренеш. Бу күренеш атмосфераның тыгыз катлауларына зур метеорит җисемнәр дип аталган каты кисәкчекләрнең үтеп керүе аркасында килеп чыга. Әлеге кисәкчекләр атмосферада тоткарланып җылынганда аерылып чыккан кызган газ сүрүе белән чолганып алынган була. Еш кына болидларның почмакча күренмә диаметрлары була һәм аны хәтта көндез дә күрергә мөмкин.

Юк-барга ышанучы кешеләр мондый ут шарларын авызыннан ут чәчеп очучы аждаһалар дип уйлаганнар. Һаваның көчле каршылыгы аркасында метеорит еш кына таркала һәм, шартлап, Җиргә вак кисәкчекләр булып төшә. Җиргә төшкән мондый җисем **метеорит** дип атала.



60. Аризона метеоритының кратеры.

Үлчәмнәре кечкенәрәк булган метеор җисем кайвакытта Җир атмосферасында тулысынча парга әйләнеп бетә. Күпчелек очракларда метеоритларның массасы очкан вакытта бик нык кими. Җиргә, гадәттә, һава каршылыгы белән космик тизлеге кимегәннән соң суынырга өлгергән метеорит калдыклары гына килеп җитә. Кайвакыт метеоритлар яңгыры ява. Очкан вакытта метеоритларның тышкы ягы эри дә аларның өсте кара кабык белән каплана. Шундый бер «кара таш» Мәккә шәһәрендә гыйбадәтханә стенасы эченә куелган, диндар кешеләр аңа табыну әйбере итеп карыйлар.

Өч төрле метеорит билгеле: *таш, тимер,* (59 нчы рәсем) һәм *тимер-таш.* Кайвакыт метеоритларны төшкәннән соң бик күп еллар үткәч кенә табалар. Күбрәк тимер метеоритлар табыла. СССРда метеорит дәүләт милке булып исәпләнә һәм ул өйрәнү өчен гыйльми учреждениеләргә тапшырылырга тиеш. Метеориттагы радиоактив элементлар һәм кургаш микъдары буенча аның яшен исәпләп чыгаралар. Ул төрлечә була, ләкин аларның иң борынгыларына да 4,5 млрд. яшь.

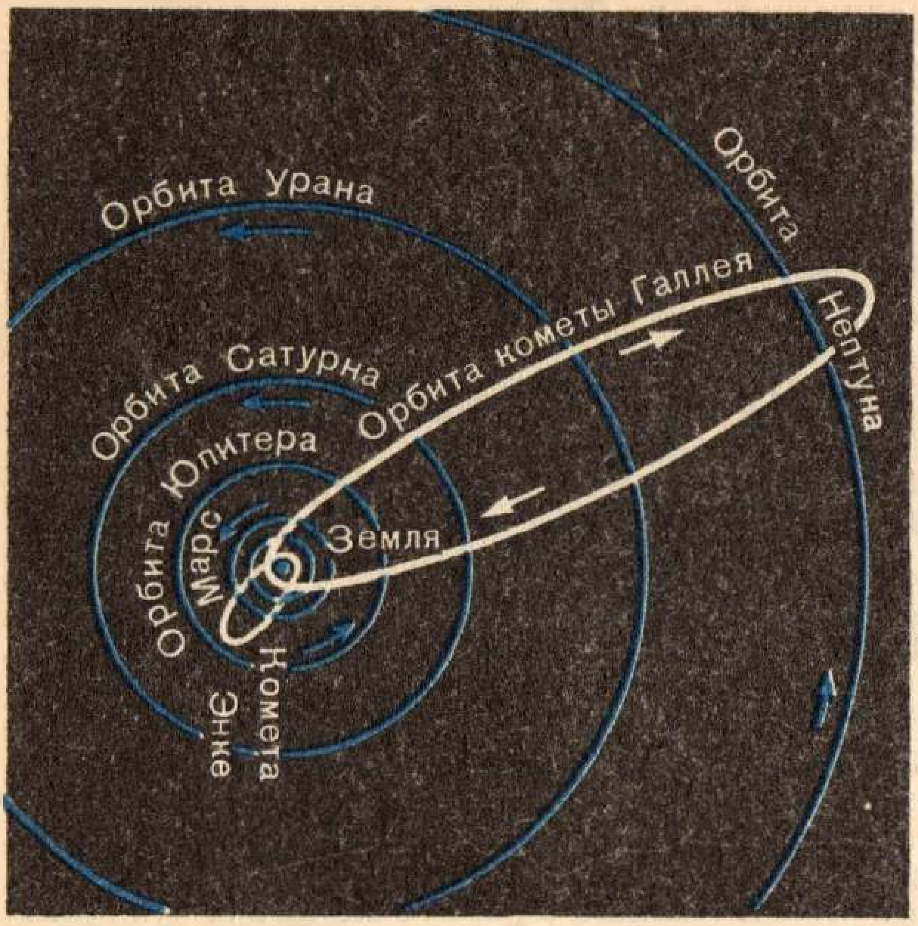
Кайбер иң зур метеоритлар зур тизлек белән төшеп шартлый һәм Ай кратерларына охшаган метеорит кратерлары хасил итә. Яхшы сакланган иң зур кратер Аризонада (АКШ) (60 нчы рәсем). Аның диаметры 1200 м һәм тирәнлеге 200 м. Бу кратер моннан 5000 ел чамасы элек барлыкка килгән булса кирәк. Тагын да зуррак һәм борынгырак метеорит кратерларының эзләре табылган. Барлык метеоритлар — Кояш системасының членнары.

Марс орбитасын кисеп үтүче шактый күп вак астероидлар

7 К-382

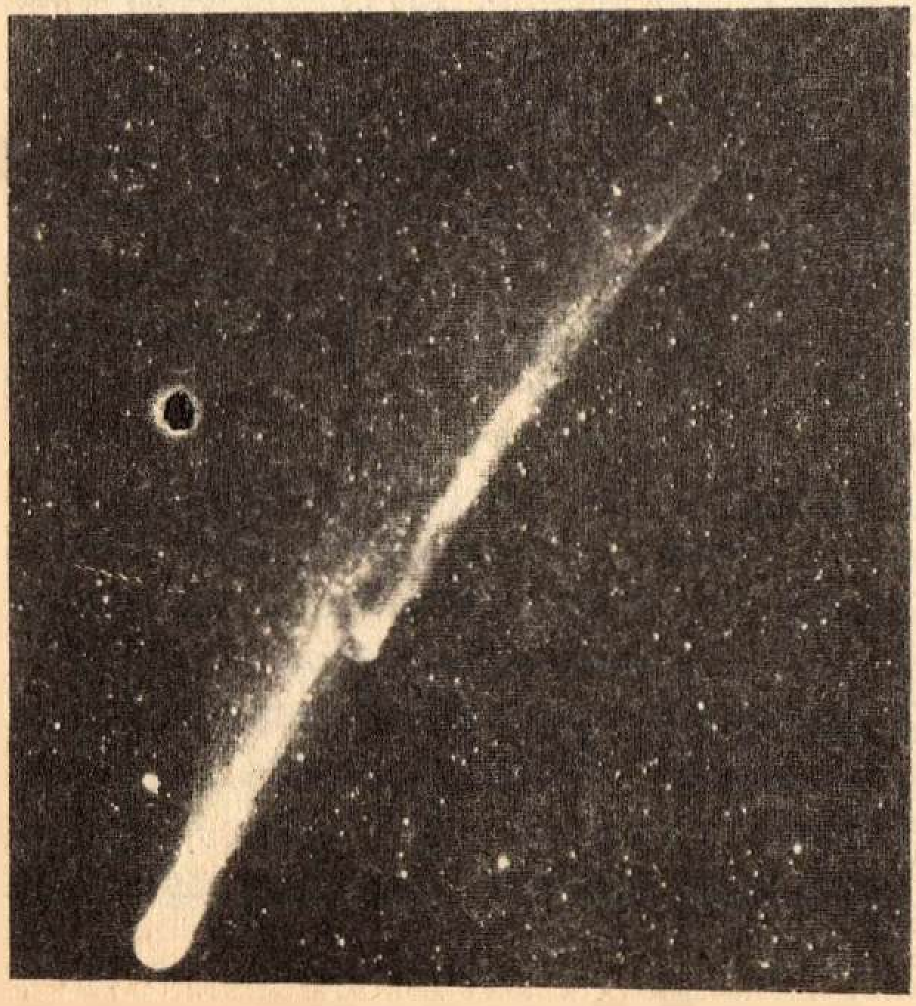
билгеле булудан чыгып, метеоритларны орбиталары Җир орбитасын кисеп үтүче астероидларның калдыклары дип тә уйларга мөмкин. Кайбер метеоритларның структурасы аларның югары температураларга һәм басымнарга дучар булуын һәм, димәк, җимерелгән планетаның яки зур астероидның эчендә яткан булырга мөмкин икәнлеген раслый.

Метеоритлар составында минераллар Җирдәге тау токымнарындагыга карағанда шактый аз табылган. Бу метеорит матдәсенең примитив характерда булуын раслый. Ләкин метеоритлар составында булган күп минераллар Җирдә очрамый. Мәсәлән, таш метеоритларда йомры бөртекләр — хондралар бар. Аларның химик составы Кояш составы белән бердәй диярлек. Бу борынгырак матдә Кояш системасына



61. Галлей һәм Энке кометаларының орбиталары.

Галлей кометасы (1986 елның гыйнвары). Кояшның магнит кырындагы Кояш җиле тәэсирендә койрыгының сынуы күренә. (Казахстан обсерваториясенең биек тауда (2800 м биеклектә) урнашкан станциясеннән төшереп алынган.)



кергән планеталарның башлангыч чорда ничек формалашуы турында мәгълүматлар бирә.

3. Кометалар. Кометаларны ачу һәм аларның хәрәкәте. Кометалар Кояштан еракта чакта уртасында төше булган беленер-беленмәс кенә якты тап рәвешендә күренә. Кояшка бик якын үтә торган кайбер кометалар гына Кояшка якынлашканда бик нык яктырып, аларда «койрык» барлыкка килә. Кометаның Җирдән ничек күренүе шулай ук аңа кадәр булган ераклыкка, Кояштан почмакча ераклыкка, Ай яктылыгына һ. б. бәйле. Зур кометалар — аксыл төстәге озын койрыклы томан рәвешендәге яктырткычлар — сугыш һәм башка төрле бәхетсезлекләр турында хәбәр итә дип уйлаганнар. Әле 1910 елларда гына да патша Россиясендә «алланың комета рәвешендәге ачуы»н кире кайтару өчен гыйбадәт кылганнар.

И. Ньютон, беренче буларак, йолдызлар фонында кометаның күчешен күзәтеп, аның орбитасын исәпләп чыгарган һәм кометаның планеталар кебек үк, Кояш системасында Кояшның тарту көче тәэсирендә хәрәкәт итүенә ышанган. Аның замандашы инглиз галиме *Э. Галлей* (1656—1742) элек күзәтелгән берничә кометаның орбиталарын исәпләп чыгарган. Ул 1531, 1607 һәм 1682 елларда күренгән кометаларның Кояшка периодик рәвештә кире әйләнеп кайтучы бер үк яктырткыч булырга тиешлеген һәм, беренче булып, аның яңадан кайчан күренергә тиешлеген әйткән. Алдан әйтелгәнчә, 1758 елда (Галлей үлеп 16 ел үткәннән соң) бу комета чыннан да күренгән һәм аңа Галлей кометасы дигән исем биргәннәр. Афелиенда ул Нептун орбитасы артына китә (61 нче рәсем) һәм 75—76 елдан соң яңадан Җиргә һәм Кояшка әйләнеп кайта. 1986 елда ул яңадан Кояшка иң якын ераклыкта үтеп китте. Беренче тапкыр комета белән очрашырга төрле фәнни аппаратлар белән җиһазландырылган планетаара автомат станцияләр җибәрелде.

Галлей кометасы *периодик кометалар* санына керә. Хәзерге вакытта әйләнү периодлары өч елдан алып *(Энке кометасы)* ун елга кадәр булган күп кенә периодик кометалар билгеле. Аларның афелийлары Юпитер орбитасы янында ята. Кометаларның Җиргә кайчан якынлашуларын һәм аларның күктәге күренмә юлын алдан ук зур төгәллек белән исәпләп чыгаралар. Шуның белән бергә бик сузынкы орбиталар буенча зур периодлар белән әйләнүче кометалар да бар. Без аларның орбиталарын парабола дип исәплибез, чынлыкта исә алар бик сузынкы эллипс

була кирәк. Кометаларның Җир һәм Кояш янындагы кыска гына юл өзегеннән чыгып, бу кәкреләрне бер-берсеннән аеру читен. Күпчелек кометаларның койрыклары юк һәм бу кометаларны бары тик телескоп аша гына күреп була.

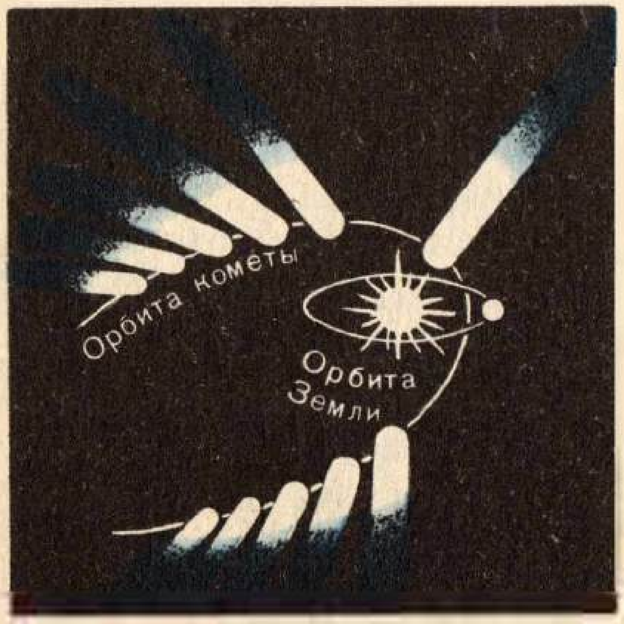
Һәр елны әлек билгеле булмаган берничә кометаның ачылуы турында мәгълүматлар булып тора. Кометага аны ачкан галимнең исеме бирелә. Каталогларга меңгә якын элек күзәтелгән кометалар теркәлгән.

4. Кометаларның физик табигате. Диаметры километрның өлешләренә тигез булган кечкенә т ө ш — кометаның бердәнбер каты өлеше, һәм анда аның бөтен массасы тупланган дияргә ярый. Кометаларның массалары бик кечкенә һәм планеталар хәрәкәтенә берничек тә тәэсир итә алмый. Планеталар исә кометаларның хәрәкәтендә зур тайпылышлар китереп чыгара.

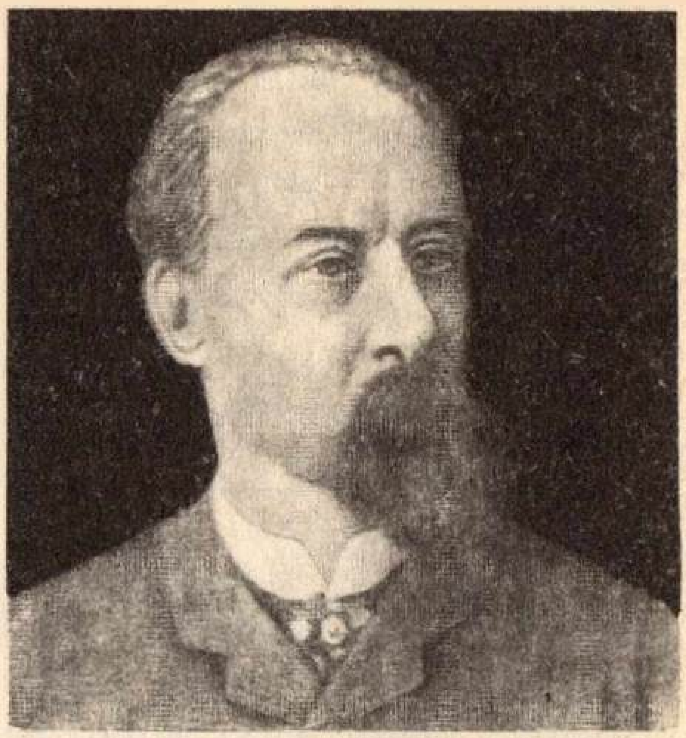
Кометаның төше тузан бөртекләреннән, каты матдә кисәкчекләреннән һәм каты хәлдәге углекислый газ, аммиак, метан кебек газлардан тора, күрәсең. Комета Кояшка якынлашканда бу төш җылына һәм аннан газ, тузан аерылып чыга. Алар газ сүрүен — кометаның б а ш ы н тәшкил итә. Кометаның баш өлешендәге газ һәм тузан, Кояш яктылыгының басымы һәм корпускуляр агым тәэсирендә читкә этелеп, кометаның к о й р ы г ы н барлыкка китерә. Ул һәрвакыт Кояштан капма-каршы якка юнәлгән була (62 нче рәсем).

Кояшка якынрак килгән саен, кометаның күбрәк нурланышка дучар булуы һәм газларның көчлерәк аерылып чыгуы нәтиҗәсендә, ул яктыра һәм койрыгы озыная. Еш кына ул туры, нәзек һәм буйбуй агынтылардан тора. Әзур һәм якты кометаларда кайвакыт киң һәм җилпәзәсыман бөгелгән койрыклар да күзәтелә (63 нче рәсем). Кайбер кометаның койрыгы Җирдән алып Кояшка кадәр булган аралыкка сузыла, ә башы Кояш кадәр була. Кояштан ераклашкан саен, аның куренеше

62. Кояшка якынлашкан саен кометаның койрыгы зурая һәм һәрвакыт Кояштан читкә юнәлгән була.



кире тәртиптә үзгәрә барып, яктылыгы кими һәм, Юпитер орбитасына җиткәндә, ул бөтенләй күздән югала.

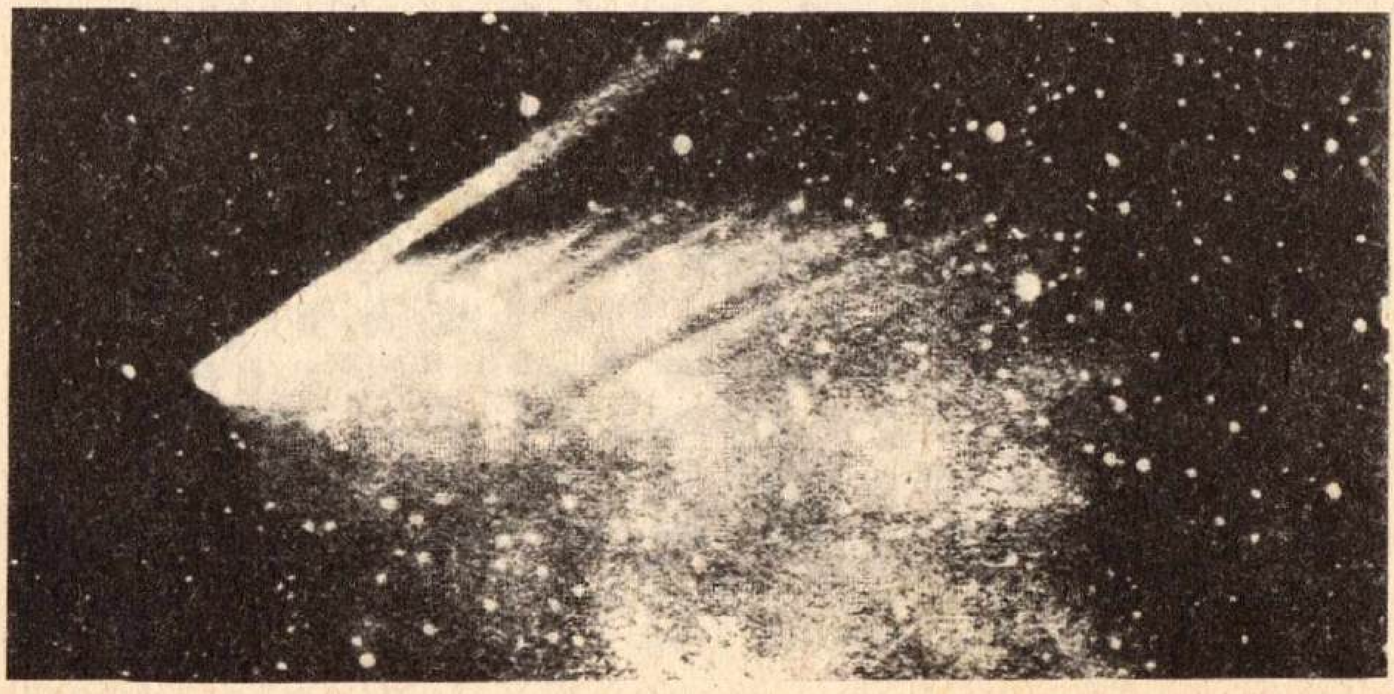


Ф. А. Бредихин (1831—1904). Рус астрономы. Тикшеренүләренең төп юнәлеше — кометаларны өйрәнү. Кометалар койрыгындагы матдәләрнең хәрәкәтен аңлаткан теорияне төзегән.

Кометаның баш һәм койрык спектры, гадәттә, якты сызыклардан тора. Спектрны анализлау кометаның башы, нигездә, углерод һәм циан парларыннан торуын, ә койрыгы составында ионлашкан углерод (II) оксиды (сөрем газы) молекулалары булуын күрсәтә. Кометаның төш спектры Кояш спектры кебек үк, ягъни аның төше кайтарылган Кояш яктылыгы белән яктырып күренә. Кометаның газ сүрүе, башы һәм койрыгы Кояш энергиясен йотып, ә аннары яңадан таратып (бу флуоресценциянең бер төре), салкын яктылык белән яктыралар. Кояштан Җир кебек үк ераклыкта булганда, комета Җиргә караганда эссе булмый.

Атаклы рус галиме *Ф. А. Бредихин* (1831—1904) койрыкның кәкрелеге буенча Кояшның кисәкчекләргә тәэсир итү көче зурлыгын билгеләү ысулын эшләгән. Ул комета койрыкларын аерым

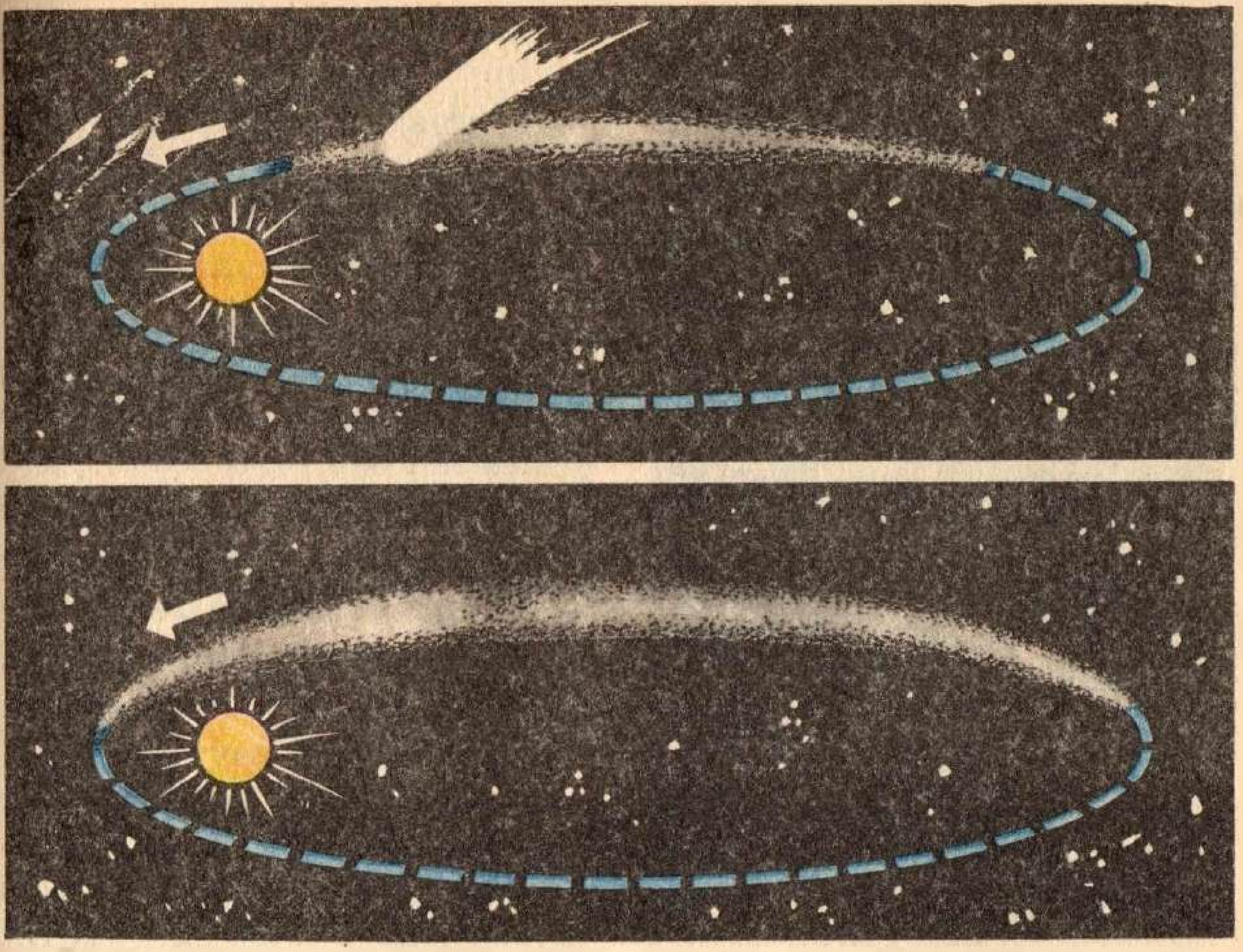
63. Мркос кометасының 1957 елгы фоторәсеме.



классларга бүлә һәм алардагы төрле күренешләрне механика һәм физика законнары нигезендә аңлата. Соңгы елларда газларның туры койрыкларда хәрәкәте һәм сыныкларның Кояш җилендәге кисәкчекләр агышының (корпускуляр агышның) койрыктагы ионлашкан газ молекулалары белән тәэсир итешүе аркасында барлыкка килүе билгеле булды. Кояш җиленең комета койрыгы ионнарына тәэсире Кояшка тартылу көченә караганда меңнәрчә тапкыр артык була. Кояштагы кыска дулкынлы радиациянең һәм корпускуляр агышларның көчәюе кометаларның кинәт яктырып китүенә сәбәп була.

Кайвакыт безнең заманда да халык арасында Җир комета белән бәрелешмәс микән дигән шикләнүчеләр булгалый. 1910 елда Җир Галлей кометасының койрыгы аша үтте. Анда сөрем газы була. Ләкин аның һавага күпме катышканлыгын таба алмыйлар, чөнки кометаның башында да газ бик сирәк. Җирнең комета төше белән бәрелешү ихтималы чиктән тыш аз. Мондый бәрелешү 1908 елда Тунгус метеориты төшкәндә күзәтелгән булуы мөмкин. Ул вакытта берничә километр биеклектә көчле шартлау булган һәм һава дулкыны гаять зур мәйдандагы урманны аударган.

5. Метеорлар һәм метеор агышлары. Периодик комета төшләренең кечерәя баруы, аларның һәр әйләнештән соң азрак яктыруы күптән билгеле инде. Комета төшенең кисәкчекләргә бүлгәләнүен күп тапкырлар күзәткәннәр. Бу җимерелүләр Кояштагы күтәрелешләр яки метеорит җисемнәр белән бәрелешү аркасында килеп чыга. 1772 елда чех галиме Биэла тарафыннан ачылган кометаны һәр 7 ел саен кире кайту вакытында күзәтеп торганнар. 1846 елда аның төше ике тоныкк кометага бүленгән, һәм аларны 1852 елдан соң башка күрмәгәннәр. Исәпләүләр буенча, юкка чыккан бу кометалар 1872 елда Җир янынан үтеп китәргә тиешле вакытта «атылучы йолдызлар» яңгыры күзәтелгән. Шул вакыттан алып һәр елның 27 ноябрендә бу күренеш, кимрәк эффект белән булса да, кабатланып килә. Элеккеге Биэла кометасының төше, вак каты кисәкчекләргә таркалып, үзенең орбитасы буйлап сузылган (64 иче рәсем). Җир бу кисәкчекләр агышы аркылы үткәндә, алар Җир атмосферасына килеп керәләр. Бу кисәкчекләр атмосферада м е т е о р күренешләре китереп чыгаралар һәм Җиргә очып килеп җиткәнче, бөтенләй таркалып, юкка чыгалар. Кинлекләре, кагыйдә буларак, үзләрен хасил иткән комета төше үлчәмнәренә караганда ча-



64. Комета төшенең таркалып, метеор кисәкчекләре агышына әверелү схемасы.

гыштыргысыз зур булган күп кенә башка метеор агышлары да билгеле.

Галлей кометасы белән ике метеор агышы бәйле, аның берсе — майда, икенчесе ноябрьдә күзәтелә.

Йолдызлы күктә бер үк метеорның юлын ике урыннан рәсемгә төшергәндә, аның бер-береннән 20—30 км ераклыктагы ике күзәтүчегә ничек проекцияләнүеннән чыгып, метеорның килеп чыгу биеклеген табалар. Еш кына метеорлар 100—120 км биеклектә яктыра башлап, 80 км биеклектә тулысынча парга әйләнеп бетәләр. Аларның спектрында тимер, кальций, кремний һәм башка элементларның ачык сызыклары күренә. Метеорларның спектрын өйрәнү кометаларның төшен ташлап киткән каты кисәкчекләрнең химик составын билгеләргә мөмкинлек бирә. Метеор очышын объективы әйләнеп торучы затвор белән капланган камерадан рәсемгә төшергәндә, метеорның һава каршылыгы белән тоткарлануын күрсәтүче өзек-өзек эзе барлыкка килә.

65. Радианттан чыгучы метеор яңгыры. Перспектива эффекты.

Исәпләүләргә караганда, метеор җисемнәрнең массасы миллиграммнар белән, ә үлчәме миллиметрның өлешләре белән үлчәнә. Мөгаен, метеор җисемнәр күзәнәкле кисәкчекләрдән торадыр. Шул күзәнәкләргә тулган комета бозы беренче булып парга әйләнә бүлса кирәк.

Метеорларның тизлеген дә исәпләп була. Җирне куып җитә торган метеор җисемнәрнең атмосферага килеп керү тизлеге 11 км/с тан артмый, ә Җиргә каршы очучыларының тизлеге 60—70 км/с чамасы була.

Уйлагыз, ни өчен метеор җисемнәрнең Җир белән очрашкандагы минималь һәм максималь тизлекләре шундый кыйммәтләргә ия?

Метеор җисемнәрдән чыккан кызган газлар күк йөзендә якты эз хасил итә. Метеор кисәкчеге хәрәкәт иткәндә һаваны ионлаштыра. Ионлашкан һава эзе радиодулкыннарны кире кайтара. Бу исә метеорларны өйрәнүдә радиолокатордан файдалану мөмкинлеген ачты.

Кайчак метеорлар күкнең кайсы да булса өлкәсеннән, күкнең метеор агышы **радианты** дип аталган урыннарыннан чыккандай күренәләр (65 нче рәсем). Бу — перспектива нәтиҗәсе. Параллель юнәлештә очучы метеорларның юллары, тимер юл рельслары кебек үк, кайдадыр еракта кушылалар кебек тоела. Күктә радиант метеор җисемнәрнең очып килү юнәлешендә ята. Һәрбер радиант йолдызлыклар арасында билгеле бер торышта була һәм күк йөзенең тәүлеклек әйләнешендә катнаша. Радиантның торышыннан чыгып, метеор агышының исеме билгеләнә. Мәсәлән, 10—12 нче августта Персей йолдызлыгыннан очып чыгучы метеорларны **персеидлар** дип атыйлар.

Метеор агышларын күзәтү бик әһәмиятле фәнни мәсьәлә, һәм аны укучылар да эшли ала. Мондый күзәтүләр Җирнең атмосферасын һәм таркалган кометаларның нинди матдәләрдән торуын өйрәнүгә ярдәм итә.

17 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Кояш батканнан соң комета көнбатышта булса, аның койрыгы горизонтка карата ничек юнәлгән?
2. Галлей кометасының әйләнү периоды 76 ел булса, аның орбитасының зур күчәре нинди зурлыкта булыр?
3. Йолдызларның күктән атылмавын ничек исбатларга?
4. Күзәтүчедән 0,5 км ераклыкта күреп алынган болидның күренмә дискысы Ай дискысыннан ике тапкыр кечерәк. Аның чынбарлыктагы диаметры нинди?
5. Кояшка периодик рәвештә кире кайтучы комета үзенең күренешен мәңге үзгәрешсез саклый аламы?

10 НЧЫ БИРЕМ

63 нче рәсем фокус ераклыгы 10 см булган фотоаппарат белән төшерелгән рәсемнән 10 тапкыр зурайтып алынган булсын. Ай һәм Кояшның фоторәсемдәге сурәте (0,5°) объективның фокус ераклыгының 1/114 өлешенә тигез икәнлеге билгеле булганда, комета койрыгындагы туры нурларның озынлыгын градусларда аңлатыгыз.

21. КОЯШ СИСТЕМАСЫ — БАРЛЫККА КИЛҮЛӘРЕ БЕРТӨРЛЕ БУЛГАН ҖИСЕМНӘР КОМПЛЕКСЫ

Астрономиянең күк җисемнәренең барлыкка килүен һәм үсешен өйрәнә торган бүлеге космогония дип атала.

Кояш системасының барлыкка килү мәсьәләсен хәл итүдәге төп кыенлык — безнең икенче бер шундый системаларны башка үсеш стадияләрендә күзәтә алмавыбызда. Безнең Кояш системасына охшаш системалар җитәрлек дәрәҗәдә таралган булырга тиеш һәм аларның барлыкка килүе очраклы хәл түгел, ә закончалыклы күренеш булса да, хәзергә безнең Кояш системасын чагыштырырдай бернәрсә дә юк.

Хәзерге вакытта Кояш системасының барлыкка килүе турындагы теге яки бу гипотезаның дөреслеген тикшергәндә күбрәк Җир һәм Кояш системасына кергән башка җисемнәрдәге тау токымнарының химик составы һәм яше турындагы мәгълүматларга таяналар. Бу методлардан иң төгәле — тау токымнарының яшен алар составындагы радиоактив уран элементы микъдарын кургаш микъдарына чагыштырып табу. Эш менә

нәрсәдә: кургаш — үзлегеннән таркалучы уран элементының соңгы продукты. Бу процессның тизлеге төгәл билгеле, һәм аны бернинди юллар белән дә үзгәртеп булмый. Токымда уран никадәр аз һәм кургаш никадәр күбрәк булса, аның яше дә шулкадәр зуррак була. Җир кабыгында иң борынгы тау токымнарының яше берничә миллиард еллар белән исәпләнә. Тулаем алганда, Җир үзенең кабыгына караганда элегрәк барлыкка килгән булса кирәк.

Ташка әйләнгән хайван һәм үсемлек калдыкларын өйрәнү соңгы йөз миллион еллар эчендә Кояш нурланышының сизелерлек үзгәрмәвен күрсәтә. Исәпләүләргә караганда Кояшка 5 млрд. яшь чамасы. Кояшның яше Җир яшеннән азга гына зуррак.

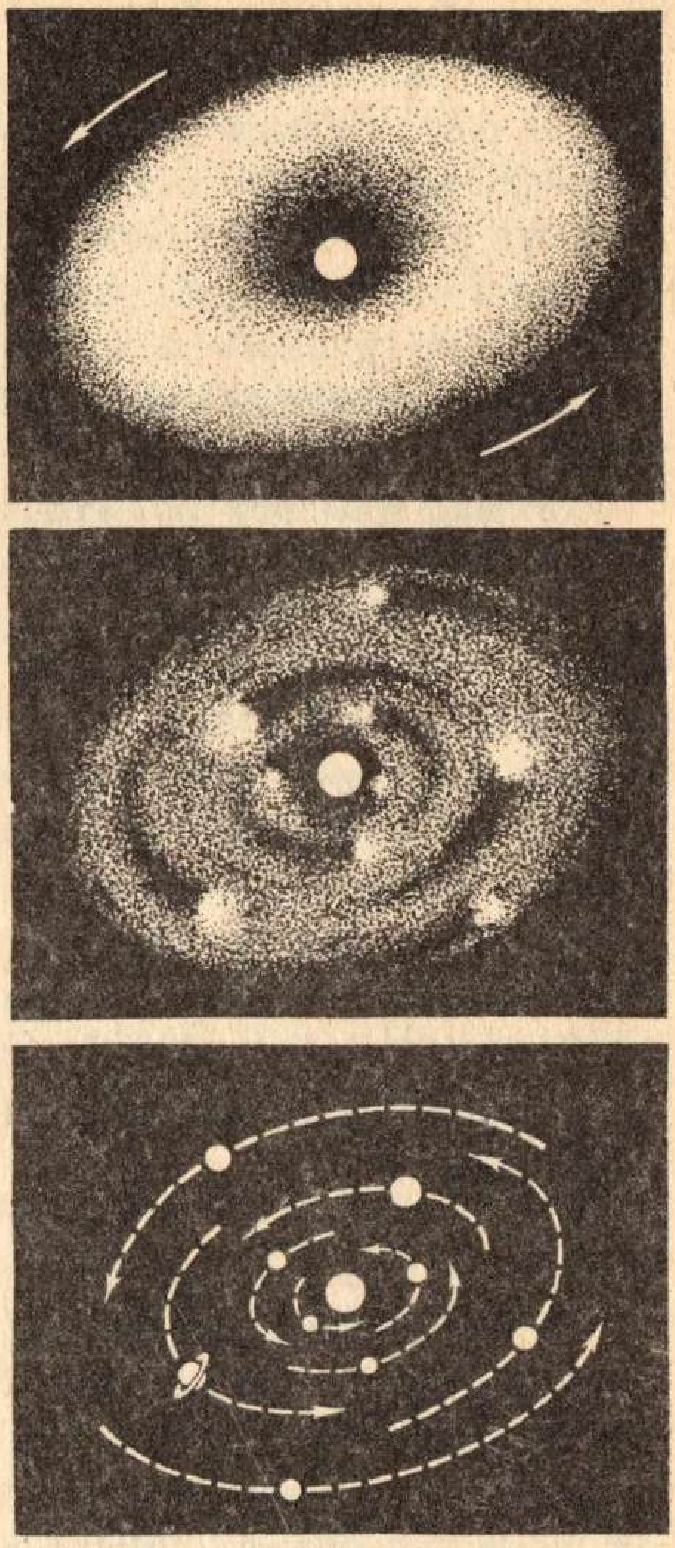
Дөньяга материалистик карашның үсешендә Кояш системасының килеп чыгышы турындагы беренче фәнни фараз итүләр тарихи яктан гаять зур роль уйнаган. Немец философы И. Канттның бөтендөнья тартылу законына нигезләнеп эшләнгән гипотезасы шундыйларның берсе була. XVIII гасыр урталарында ул Кояш системасы хаотик хәрәкәттәге салкын тузан бөртекләреннән барлыкка килгән булырга тиеш дигән фикерне аңлата. 1796 елда француз галиме Лаплас Кояш һәм планеталарның әйләнеп торучы газ томанлыгыннан барлыкка килүе турындагы гипотезасын җентекләп тасвирлаган. Лаплас Кояш системасының килеп чыгышы турында аның һәр гипотеза аңлатырга тиеш булган түбәндәге характерлы якларын исәпкә алган: системаның төп массасы Кояшта тупланган; планеталарның һәм иярченнәренең орбиталары түгәрәк диярлек һәм бер үк яссылыкта диярлек ята; алар арасында ераклык билгеле бер закон буенча арта бара; барлык планеталар да диярлек, Кояш тирәсендә генә әйләнмичә, үз күчәрләре тирәсендә дә бер үк юнәлештә әйләнә. Үзенең гипотезасын ул планеталар һәм алар барлыкка килгән матдә башта кайнар, эрегән хәлдә булган дигән карашларга нигезләнеп төзегән.

Хәзерге вакытта галимнәр Җир беркайчан да газ хәлендә дә, утлы сыеклык хәлендә дә булмаган дигән нәтиҗәгә килделәр.

Хәзерге периодта совет академигы *О. Ю. Шмидт* (1891—1956) хезмәтләре нигез итеп алынган гипотеза иң җентекләп эшләнгән гипотезалардан санала.

Шмидт гипотезасы буенча планеталар кисәкчекләре Кояш тирәсендә төрле орбиталар буенча әйләнә торган гаять зур сал-

кын газ-тузан болытыннан барлыкка килгән. Кояш үзе шуннан элегрәк кенә барлыкка килгән дип исәпләнә. Вакыт үтү белән болытның формасы үзгәрә барган. Кисәкчекләрнең бәрелешүе һәм алар арасында энергия алмашу сәбәпле, болыт акрынлап яньчелә барган һәм кисәкчекләр түгәрәк орбита буенча хәрәкәт итә башлый. Эрерәк кисәкчекләр үзләренә ваграк кисәкчекләрне нартәләр. Бер юнәлештәге хәрәкәт өстенлек ала башлый. Матдә куермалары хасил булып, алар калынлыгы диаметрына караганда меңнәрчә тапкыр кимрәк булган диск рәвешендә бүленеп урнашалар. Иң эре куермаларның массалары барыннан да тизрәк арта. Аннары башлангыч чорында «уалучан» булган төрле зурлыктагы күп санлы матдә кисәкчекләреннән берничә эре җисем — планета барлыкка килгән (66 нчы рәсем). Исәпләүләргә караганда, Җир үзенең хәзерге массасына берничә йөз миллион еллар дәвамында гына ирешкән. Өслеге салкын



66. О. Ю. Шмидт гипотезасы буенча газ-тузан болытыннан Җирнең һәм планеталарның барлыкка килү этаплары.

булган Җир радиоактив элементларның таркалуы исәбенә җылына башлый. Бу исә Җир эченең эрүенә китергән. Авыр элементлар Җирнең төшен, ә җиңелрәкләре, өскә таба хәрәкәт итеп, Җир кабыгын хасил иткәннәр. Планета яралгысын чолгап алган кисәкчекләр өерендә кисәкчекләрнең бер-берсенә ябышу процессы кабатланган һәм планеталарның иярченнәре барлыкка килгән.

Кисәкчекләрнең һәм төрле үлчәмле (диаметрлары берничә

километр булган) җисемнәрнең плнаеталарга һәм аларның иярченнәренә килеп төшүе планеталарның кабыгы барлыкка килгәннән соң да дәвам иткән. Алар планеталарның һәм иярченнәрнең өслегенә космик тизлек белән килеп бәрелеп шартлаганнар һәм күп санлы кратерлар хасил иткәннәр.

Кояш системасының газ-тузан болытыннан хасил булу гипотезасы Җир группасы планеталары белән гигант планеталарның физик үзенчәлекләре арасындагы аерманы аңлатырга мөмкинлек бирә.

Кояшка якынрак болытларның бик нык җылынуы сәбәпле, водород һәм гелий аның үзәгеннән читкәрәк очып киткән һәм Җир группасы планеталарында ул бөтенләй диярлек сакланмаган. Газ-тузан болытының Кояштан ераграк өлешләрендә температура түбән була, шуңа күрә монда газлар каты кисәкчекләр булып оешып каткан. Водород һәм гелий күп микъдарда булган бу матдәдән гигант планеталар барлыкка килгән. Болытның Кояштан ераграк өлешенең күләме һәм массасы Җир тибындагы планеталар хасил булган болыттан шактый зур булган. Шуңа күрә гигант планеталарның массалары зур.

Кояш системасындагы кечкенә җисемнәрнең (астероид һәм кометаларның) килеп чыгышы турында берничә төрле гипотеза яшәп килә.

Мәсәлән, моннан йөз еллардан да күбрәк элек, астероидлар кайчандыр Марс белән Юпитер арасында әйләнеп йөргән һәм ниндидер сәбәпләр аркасында җимерелгән планетаның кыйпылчыклары булырга тиеш дигән фараз әйтелгән була. Б. А. Воронцов-Вельяминов (дәреслекнең авторы) Кояш системасындагы барлык кечкенә җисемнәрнең килеп чыгышы бертөрле дип исәпли. Алар кайчандыр зур һәм бериш булмаган планетаның шартлавы нәтиҗәсендә хасил булган кисәкчекләрдән барлыкка килгән булуы мөмкин. Шартлаганнан соң. газлар, пар һәм вак кисәкчекләр, космик пространствода туңып, кометаның төшен хасил иткән, ә зур тыгызлыкка ия булган кыйпылчыклары астероидлар булып киткән, күзәтүләр аларның нәкъ шундый кыйпылчыклар формасында булуын күрсәтә.

Комета төшләренең күбесе, вак һәм җиңел кисәкчекләр буларак, барлыкка килгәндә төрле юнәлештә зур тизлек алып, Кояштан бик ерак очып киткәннәр (яки Кояш системасын бөтенләйгә ташлап киткәннәр).

Вак җисемнәрнең килеп чыгышының мөмкин саналган икенче

аңлатмасы оешкан кисәкләрнең барысы да планета булып үсеп җитмәвен исәпкә алып төзелгән. Аларның күбесе Кояш системасында астероидлар һәм метеор җисемнәр рәвешендә калган. Кояштан зур ераклыктагы бу оешкан кисәкләр матдәнең каты кисәкчекләре катнашмасын эченә алган боз кантарлары рәвешендә яшиләр. Болар, зур болыт хасил итеп, Плутон орбитасыннан да арырак сузылган кометаларның төшләре.

Кометаларның күпчелеге Кояш системасының читендәрәк үзләренең орбиталары буенча хәрәкәт итәләр. Юпитерның тартуы кайбер кометаларның орбиталарын сузынкы эллипс рәвешенә китерүе мөмкин һәм алар, шул орбита буенча хәрәкәт итеп, планеталар системасының эченә эләгәләр. Алар миллиард еллар элек үзләре барлыкка килгән чордагы матдәне, «космик суыткыч»та саклап, үзләрендә йөртәләр. Планеталарда шул вакыт эчендә эрү, кристаллашу һәм башка физик-химик процесслар нәтиҗәсендә, бу матдәнең башлангыч составы һәм төзелеше күп үзгәрешләргә дучар булган.

Айдан һәм Кояш системасындагы башка җисемнәрдән алынган тау токымнарының химик составы һәм яше турындагы мәгълүматларны исегезгә төшерегез.

Кояш системасының төрле җисемнәрендәге тау токымнарының яше һәм химик составы турындагы мәгълүматлар Шмидт гипотезасы белән (ул башка галимнәрнең дә хезмәтләрендә үсеш алган) тулысынча туры килә.

Магнит кырының барлыгын һәм башка төрле факторларны исәпкә алып, компьютер ярдәмендә үткәрелгән хисаплаулар планеталар системасының моннан 5 млрд. еллар яшь Кояшны урап алган газ-тузан болытыннан килеп чыгуын аңлатырга мөмкинлек бирә. Шулай да бу дәвамлы катлаулы процессның төрле якларын өйрәнү һәм төгәллек кертү дәвам итә.

VI. КОЯШ ҺӘМ ЙОЛДЫЗЛАР

22. КОЯШ — ИҢ ЯКЫН ЙОЛДЫЗ[1]

1. Кояш энергиясе. Кояш — Кояш системасындагы үзәк җисем һәм ул иң зурысы. Аның массасы Җир массасыннан 333 000 тапкыр, ә барлык башка планеталарның тулай массасыннан 750 тапкыр зуррак. Кояш — электромагнитик дулкын спектрының барлык өлкәләреннән — Рентген һәм ультрамиләүшә нурлардан алып радиодулкыннарга кадәр даими нур таратып торучы куәтле энергия чыганагы. Бу нурланыш Кояш системасындагы барлык җисемнәргә көчле тәэсир ясый: аларны җылыта, планеталарның атмосферасына йогынты ясый. Җирдәге тереклек өчен зарури булган яктылык һәм җылылыкны бирә.

Шуның белән бергә, Кояш — безгә иң якын йолдыз да. Барлык башка йолдызлардан аермалы буларак, без аның дискысын күзәтә алабыз һәм телескоп ярдәмендә аның үлчәмнәрен берничә йөз километрдан артмый торган вак детальләренә кадәр өйрәнә алабыз. Кояш — типик йолдыз ул, шуңа күрә аны өйрәнү йолдызларның табигатен гомумән аңларга ярдәм итә.

Җир орбитасының эллиптик булуы аркасында Кояшның күренмә почмакча диаметры аз гына үзгәреп тора. Аның уртача диаметры 32′ ка яки 1/107 радианга тигез. Моннан Кояш диаметрының 1/107 а. б. кә яки якынча 1 400 000 км га тигез икәнлеге килеп чыга. Бу — Җир диаметрыннан 109 тапкыр зуррак дигән сүз.

Җир атмосферасыннан читтә Кояш нурларына перпендикуляр урнашкан 1 м² өслеккә 1,36 кВт Кояш нуры энергиясе туры килә. Бу санны радиусы Җирдән алып Кояшка кадәр ераклыкка тигез булган шар өслеге мәйданына тапкырлап, Кояшның тулы нурланышы егәрлеген (аның яктыртучанлыгын) табарбыз. Ул якынча $4 \cdot 10^{23}$ кВт ка тигез. Кояш зурлыгындагы җисем 6000° К чамасы (Кояшның эффектив температурасы) температурага кадәр кызганда шундый нур тарата. Кояштан Җир ала

[1] Бу параграф материалын язуда Э. В. Кононович катнашты.

торган энергия агышы аның тулы энергиясенең якынча 1/2 000 000 000 енә тигез.

18 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Кояшның горизонт өстеннән биеклеге 30°, ә атмосфераның үткәрүченлеге 80% булса, аяз көнне 1 км² мәйданлы күлгә Кояштан 1 мин ка күпме энергия килә?
2. 1 кг Кояш матдәсе уртача нинди егәрлектәге нур тарата?

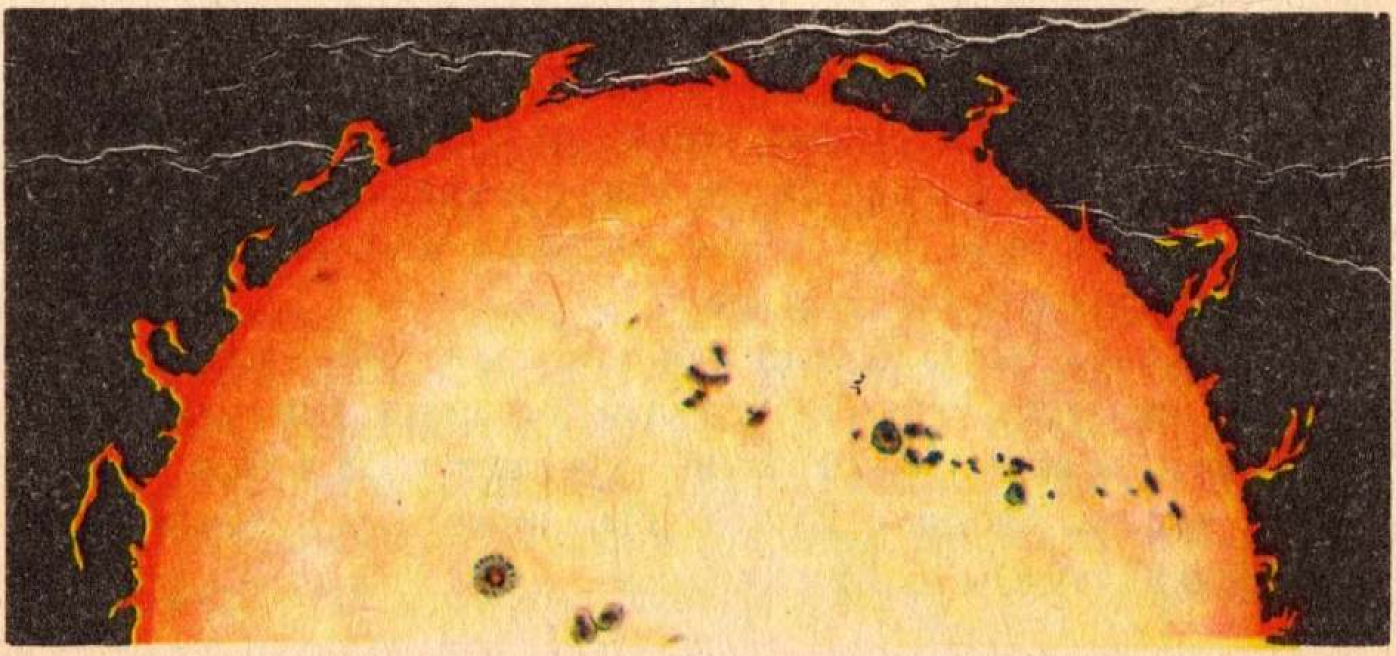
2. Кояшның төзелеше. Кояш — барлык башка йолдызлар кебек үк кызган газ шары. Нигездә, ул водород белән 10% гелий (атомнар саны буенча) катнашмасыннан тора. Калган барлык элементларның атомнар саны бөтенесен бергә алганда 1000 тапкыр чамасы азрак. Шулай да массалары буенча авыррак булган бу элементларга Кояшның 1—2% массасы туры килә.

Кояшта матдәләр бик нык ионлашкан, ягъни атомнар, үзләренең тышкы электроннарын югалтып, ионлашкан газның — плазманың бәйсез кисәкчекләре булып китәләр.

Берникадәр күләмдәге, мәсәлән, 10^7 кадәр шундый кисәкчекне эченә алган плазманың тулы электр корылмасы турында нәрсә әйтергә мөмкин? ?

Кояш матдәсенең уртача тыгызлыгы $\bar{\rho} \approx 1400$ кг/м³. Бу кыйммәт су тыгызлыгы белән чагыштырырлык зурлыкта, ә Җир өслегендәге һава тыгызлыгыннан мең тапкыр зуррак. Ләкин

Кояшта таплар һәм протуберанецлар.



Кояшның өске катлауларының тыгызлыгы миллион тапкырлар ким, ә үзәгендә — уртача тыгызлык 100 тапкыр зуррак.

Кояшның үзәгенә таба юнәлгән гравитацион тарту көчләре тәэсирендә аның эчендә гаять зур басым барлыкка килә.

Әгәр Кояш эчендә матдә бертигез таралып урнашкан һәм һәркайда уртача тыгызлыкта булса, аның эчке басымын исәпләп чыгару бик җиңел булыр иде. Шундый якынча исәпләүләрне $1/2R_{\odot}$ га тигез булган тирәнлек өчен башкарыйк.

Мондый тирәнлектә авырлык көче $F=mg$ мәйданы S, биеклеге $1/2R_{\odot}$ булган радикаль багана эченә урнашкан матдәнең массасы һәм $1/2R_{\odot}$ радиуслы сфера өслегендәге g ның кыйммәте белән билгеләнә. Бу багана эчендәге Кояш матдәсенең массасы

$$m=\bar{\rho}\frac{R_{\odot}}{2}S$$

ка тигез, ә бөтендөнья тартылу законы буенча «бериш» Кояшның үзәгеннән $1/2R_{\odot}$ ераклыкта гравитацион тизләнеш түбәндәгечә булыр иде:

$$g=G\frac{\frac{1}{8}M_{\odot}}{\left(\frac{1}{2}R_{\odot}\right)^2},$$

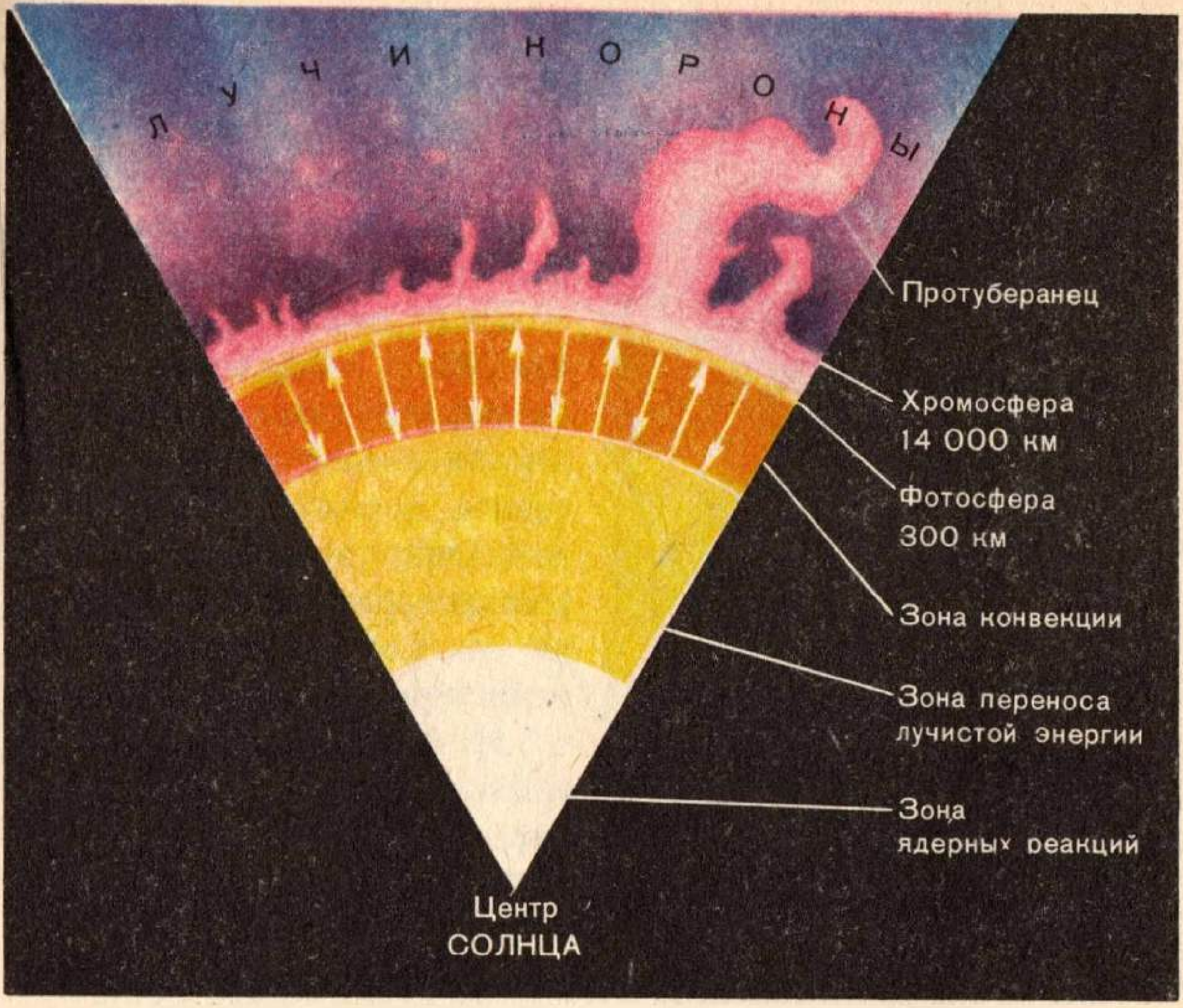
чөнки бу сфераның күләме Кояш күләменең 1/8 енә тигез һәм тыгызлык даими булганда, аңарда $1/8M_{\odot}$ туплана. Шуңа күрә басым түбәндәгечә булыр:

$$p=\frac{mg}{S}=G\frac{\frac{1}{8}M_{\odot}}{\left(\frac{1}{2}R_{\odot}\right)^2}\bar{\rho}\frac{R_{\odot}}{2}.$$

Моннан $p\approx6{,}6\cdot10^{13}$ Па га тигез икәнлеге, ягъни атмосфера басымыннан миллиард тапкыр зуррак икәнлеге килеп чыга.

Газ законнары буенча басым температурага һәм тыгызлыкка пропорциональ була. Бу — Кояш эчендәге температураны исәпләп чыгарырга мөмкинлек бирә.

Үзәккә таба тыгызлыкның һәм температураның артуын исәпкә алып эшләнгән төгәл исәпләүләр Кояшның үзәгендә газның тыгызлыгы якынча $1{,}5\cdot10^5$ кг/м^3 (кургаштан 13 тапкыр тыгызрак!), андагы басым $2\cdot10^{16}$ Па чамасы, ә температура 15 000 000 К чамасы икәнен күрсәтә.

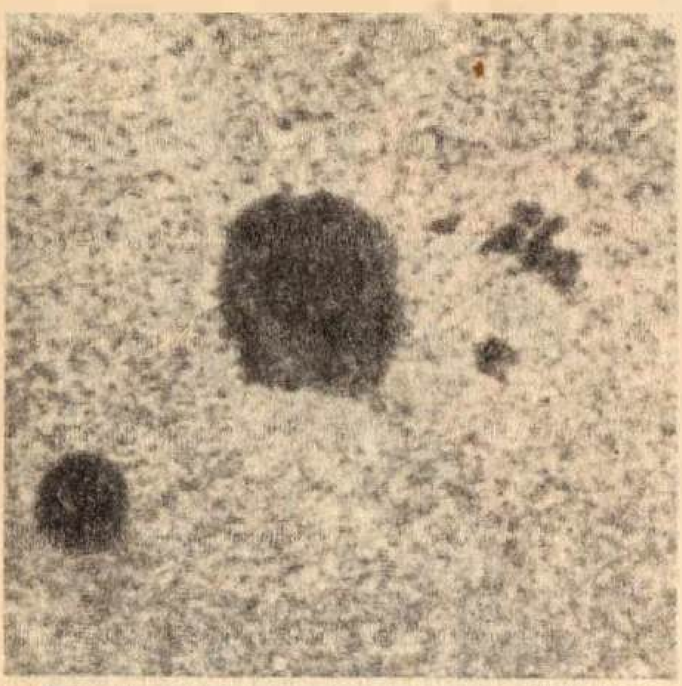


67. Кояшның төзелеш схемасы.

Мондый югары температурада водород атомы төшләренең (протоннарның) тизлекләре бик зур (секундка йөзләрчә километр) була, алар арасындагы электростатик этү көчләренең тәэсиренә карамастан, атомнарның бер-берсенә бәрелүләре мөмкин. Мондый кайбер бәрелешүләр төш реакциясе белән тәмамлана, бу вакытта водород гелийга әверелә һәм бик күп микъдарда җылылык аерылып чыга. Кояшның хәзерге үсеш чорында бу реакцияләр аның энергия чыганагы булып тора. Нәтиҗәдә, Кояшның үзәк өлкәсендә гелий микъдары арта, ә водородныкы кими.

Кояш эчендә барлыкка килә торган энергия агышы тышкы катлауларга күчеп, һаман зуррак мәйданга тарала бара. Бу, үз чиратында, үзәктән ераклашкан саен Кояш газлары температурасының кимүенә китерә. Температураның кыйммәтенә һәм аның белән билгеләнә торган процессларның характерына карап, Кояшны шартлыча 4 өлкәгә бүләргә мөмкин (67 нче рәсем):

8 К-382



68. Фотосферада грануляция һәм таплар.

1) *эчке, үзәк өлкә (төш)*, биредә басым һәм температура төш реакцияләренең булып торуын тәэмин итә, ул үзәктән алып якынча $1/3R_\odot$ ераклыгына кадәр җәелә;

2) *«нурлы» зона* ($1/3R_\odot$ тан $2/3R_\odot$ ка кадәр ераклык), бу зонада энергия бер катлаудан икенче катлауга энергиянең йотылуы һәм электромагнитик энергия квантларының нурланышы нәтиҗәсендә эзлекле рәвештә тышка таба бирелә;

3) *конвектив зона* — «нурлы» зонаның өске өлешеннән Кояшның күренмә чигенә кадәр диярлек ара. Биредә Кояшның күренмә чигенә якынлашкан саен температура тизрәк кими һәм шуның нәтиҗәсендә матдәләрнең аралашуы бара (конвекция, астан җылытканда савыт эчендәге сыеклыкның кайнавына охшаш);

4) *атмосфера конвектив* зонадан соң ук башланып, Кояшның күренмә дискысы чикләреннән бик еракка җәелә. Атмосфераның түбәнге катлавы без Кояш өслеге буларак кабул итә торган юка газ катлавын эченә ала. Атмосфераның өске катлаулары турыдан-туры күренми, аны я тулы Кояш тотылулары, я махсус приборлар ярдәмендә генә күзәтеп була.

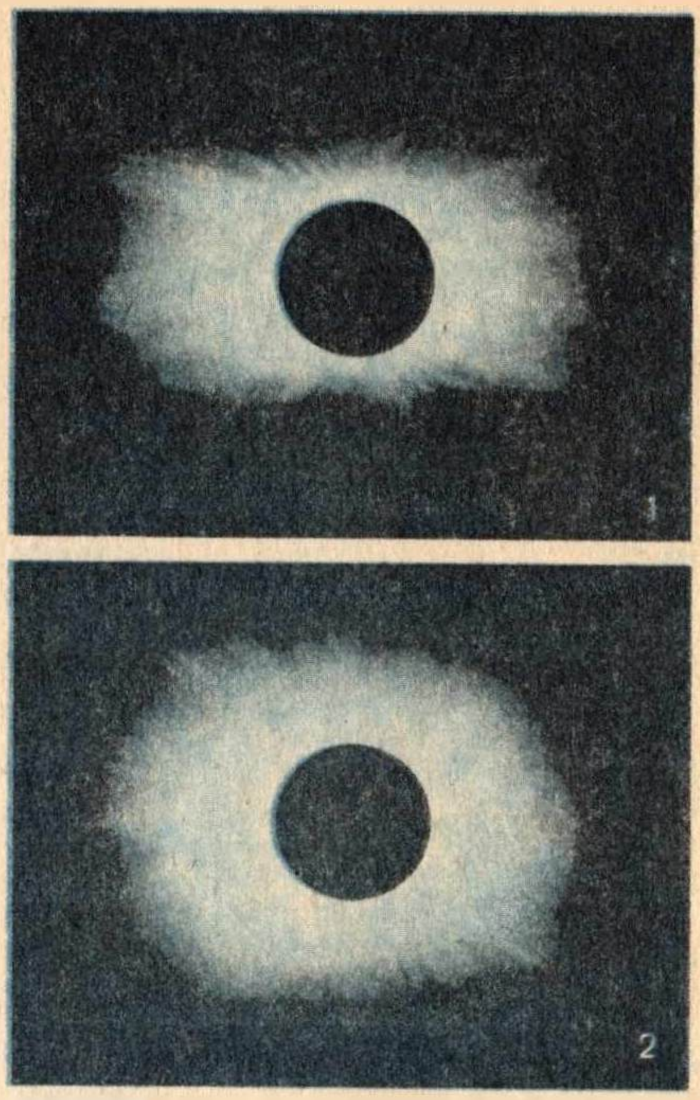
3. Кояш атмосферасы һәм Кояш активлыгы. Кояш атмосферасын да шартлы рәвештә берничә катлауга бүләргә мөмкин (67 нче рәсемне карагыз).

Атмосфераның 200—300 км калынлыгындагы иң тирән катлавы фотосфера (яктылык сферасы) дип атала. Кояш спектрының күренмә өлешендә күзәтелә торган барлык энергия диярлек шушы өлкәдән чыга.

Фотосферада, Кояшның тирәнрәк катлауларындагы кебек үк, температура үзәктән ераклашкан саен кими, якынча 8000 нән 4000 К га кадәр үзгәрә: фотосфераның тышкы катлаулары алардагы нурланышның планетаара пространствога чәчелүе аркасында бик нык суына.

Фотосфераның фоторәсемнәрендә (68 нче рәсем) аның вак

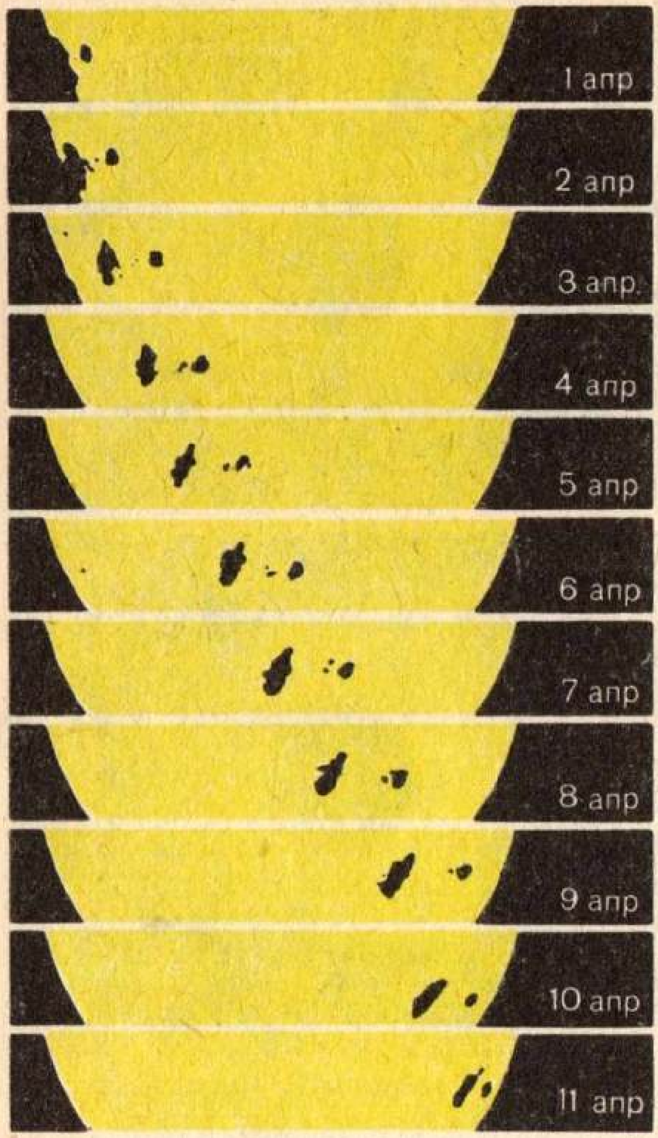
структурасы — ягъни тар гына караңгы аралыклар белән бүлгәләнгән һәм уртача 1000 км чамасы зурлыгындагы гранулалар рәвешендәге якты «бөртекләре» ачык күренә. Бу структура грануляция дип атала. Ул атмосфера астындагы конвектив зонада бара торган газ аралашуының нәтиҗәсе булып тора.



69. Кояш таҗының күренеше: 1 — Кояшта таплар күп булган елларда; 2 — таплар аз булган елларда.

Фотосфераның тышкы катлауларында температураның кимүе нәтиҗәсендә, Кояшның тулысынча диярлек фотосферада барлыкка килә торган күренмә спектрында караңгы йотылу сызыклары күзәтелә. Бу сызыклар 1814 елда, беренче буларак, берничә йөз шундый сызыкның рәсемен төшереп алган немец оптигы, Й. Фраунгофер (1787—1826) хөрмәтенә *Фраунгофер сызыклары* дип атала. Шул ук сәбәп буенча (Кояшның үзәгеннән башлап температураның төшүе сәбәпле) Кояш дискысының чите караңгырак кебек тоела.

Фотосфераның иң югары катлауларында температура 4000 K га житә. Мондый температурада һәм тыгызлык 10^{-3}—10^{-4} кг/м^3 булганда, водород практик яктан нейтраль була. Атомнарның 0,01% чамасы гына ионлашкан хәлдә булып, башлыча ул металларга туры килә. Ләкин югарыда — атмосферада температура, шуның белән бергә ионлашу да, башта акрынрак, аннары яңадан бик тиз арта башлый. Кояш атмосферасының температура үскән һәм әзлекле рәвештә водородның, гелийның һәм башка элементларның ионлашуы бара торган өлкәсе хромосфера дип атала. Аның температурасы уннарча һәм йөзләрчә мең кельвинга житә. Сирәк кенә ул Кояшның тулы тотылуы моментында Айның караңгы дискысы тирәсендә ялтырап торган тар ал кайма рәвешендә күренә. Хромосфера катлавын-



70. Кояш әйләнгәндә андагы тапларның күренмә торышы үзгәрү.

нан өстә Кояш газларының температурасы 10^6—$2 \cdot 10^6$ К га җитә һәм аннары әллә ничә Кояш радиусы ераклыгында да үзгәрешсез кала диярлек. Бу сирәкләнгән һәм кызган сүрү **Кояш таҗы** дип атала (69 нчы рәсем). Кояш тотылуының тулы фазасында аны энҗедәй нурлар балкышы рәвешендә күрергә мөмкин. Бу — искиткеч матур күренеш. Таҗ газы планетаара пространствода «парга әйләнеп», Кояштан өзлексез агып торучы **Кояш җиле** дип аталган сирәкләнгән плазма агышын барлыкка китерә.

Хромосфераны һәм таҗны ультрамиләүшә һәм Рентген нурларында иярченнәрдән һәм орбиталь космик станцияләрдән күзәтү бигрәк тә яхшы.

Вакыт-вакыт фотосфераның аерым өлкәләрендә, гранулалар арасындагы караңгы аралыклар зураеп, әллә ни зур булмаган түгәрәк тишемнәр барлыкка килә. Аларның кайберләре радиус буенча таралган озынча фотосфера гранулалары рәвешендәге **ярым күләгә** белән әйләндереп алынган зур караңгы **тапларга** әвереләләр (68 нче рәсемне кара).

Кояш тапларын телескоптан күзәткән Галилей да аларның Кояшның күренмә дискысы буенча күчүенә игътибар иткән. Шуның нигезендә ул Кояшның үз күчәре тирәсендә әйләнүен исбатлаган. Кояшның почмакча әйләнү тизлеге экваторыннан полюсына таба кими бара, экватордагы нокталар 25 тәүлеккә бер тулы әйләнеш ясасалар, полюслары янында Кояшның йолдызча әйләнү периоды 30 тәүл. кә җитә. Җир дә Кояш әйләнгән юнәлештә үз орбитасы буенча хәрәкәт итә. Шуңа күрә җирдәге күзәтүчегә карата Кояшның әйләнү периоды ике тәүлек чамасы

артыграк һәм Кояш дискысының үзәгендә тап Кояшның үзәк меридианы аша яңадан 27 тәүл. тән соң гына үтә.

Таплар — даими түгел. Кояштагы тапларның формалары һәм саны өзлексез үзгәреп тора (70 нче рәсем). Гадәттә, Кояш таплары төркем-төркем булып барлыкка киләләр.

Кояш дискысының читге янында таплар тирәсендә якты урыннар күренә. Таплар Кояш дискысының үзәгенә якын булганда, алар бөтенләй күренми диярлек. Бу якты урыннар ф а к е л л а р дип атала. Әгәр Кояшны ак нурларда фоторәсемгә төшермичә, бигрәк тә водородның, ионлашкан кальций һәм кайбер башка элементларның спектраль сызыкларын да рәсемгә төшерсәк, алар тагын да кискенрәк һәм бөтен диск буенча күренер. Мондый рәсемнәр спектрогелиограммалар дип атала. Алар буенча Кояш атмосферасының тагын да өске катлауларының һәм барыннан да элек хромосфераның структурасы өйрәнелә.

Кояшта актив өлкәләрнең һәм таплар төркеменең саны периодик рәвештә (якынча 11 ел саен) үзгәреп тора. Бу күренеш *Кояш активлыгы циклы* дип атала. Цикл башланганда таплар бөтенләй диярлек булмый, аннары аларның саны башта экваторданерактарак урыннарда арта, ә аннан соң инде торган саен аңа якынрак урыннарда арта башлый. Берничә елдан соң таплар саны үзенең максимумына житә яки, башкача әйтсәк, Кояш активлыгының максимумы башлана, ә аннары таплар саны кими.

Тапларда һәм шулай ук факелларда магнит кыры бар, бу аларның төп үзенчәлеге. Тапларда магнит кырының индукциясе гаять зур, кайвакыт 0,4—0,5 Тл га житә, ә факелларда магнит кыры көчсезрәк була.

Кагыйдә буларак, таплар төркемендә ике тап аеруча зур була. Аларның берсе — төркемнең көнбатыш, икенчесе көнчыгыш ягында урнашкан һәм, дагасыман магнитның ике полюсы кебек, аларның магнит полярлыгы капма-каршы була.

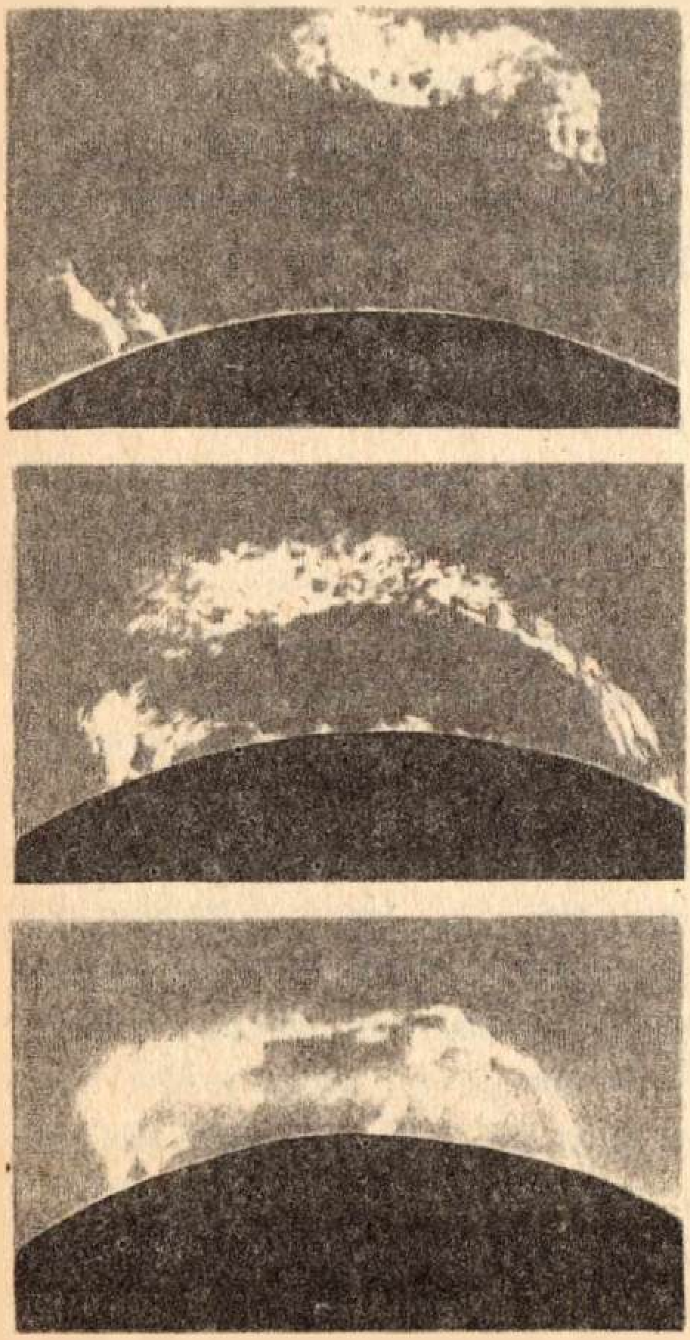
Кояш атмосферасында магнит кыры гаять зур роль уйный плазма хәрәкәтенә, аның тыгызлыгына һәм температурасына көчле тәэсир ясый. Атап әйткәндә; факелларда фотосфераның яктылыгы арту, ә таплар өлкәсендә аның шактый кимүе (10 тапкырга кадәр) тиндәшле рәвештә конвектив хәрәкәтләрнең көчсез магнит кырында артуы, ә индукциясе зур булган магнит кырында нык көчсезләнүе нәтиҗәсендә була.

Фотосфера эссерәк һәм шунлыктан яктырак күренгәнгә генә, ягъни контраст булганга гына, таплар карарак тоела. Таплар-

дагы температура 3700 К чамасы, шуңа күрә тап спектрында иң гади ике атомлы молекулаларның: CO, TiO, CH, CN һ. б. ларның йотылу полосалары бар. Эссерәк фотосферада алар атомнарга таркала.

Факеллар өстендәге хромосфера катлавы, температурасы һәм тыгызлыгы зуррак булу сәбәпле, яктырак була. Таплар төркемендә бара торган зур үзгәрешләр вакытында кайчагында зур булмаган өлкәдә хромосфера кабынышлары барлыкка килә: кинәт, 10—15 мин эчендә хромосфера бик нык яктыра башлый, зур көч белән газ агынтылары чыгарып ташлана, кайнар плазма агышының тизлеге арта. Кайбер очракларда корылмалы аерым кисәкчекләр шулкадәр тизләнеп хәрәкәт итәләр, алар энергиянең бик зур кыйммәтенә ия булалар. Гадәттә мондый вакытта Кояш радионурланышының егәрлеге миллион тапкырлар арта (радионурланыш бозылышлары).

71. Протуберанец үзгәрешләре (1 сәг 41 мин — түбәнге, 2 сәг 57 мин — уртадагы, 5 сәг 33 мин — югарыдагы рәсем).



Тажда тагын да зуррак күләмдәге актив урыннар — протуберанецлар күзәтелә. Алар формалары һәм хәрәкәт характеры буенча гадәттән тыш төрле һәм таж матдәсеннән шактый тыгыз булган газ болытыннан гыйбарәт (71 нче рәсем). Протуберанецларның формасы һәм хәрәкәте фотосферадан тажга үтеп керә торган магнит кырларына бәйле.

4. Кояш — Җир бәйләнешләре. Кояш Җирдә бара торган күренешләргә гаять зур йогынты ясый. Аның кыска дулкынлы нурланышы Җир атмосферасының өске катлауларындагы бик мөһим физик-химик процессларны билгели.

Күренә торган нурлар һәм инфракызыл нурлар Җирне нигездә җылылык белән «тәэмин итүчеләр» булып санала. Дөньядагы төрле илләрдә, шул исәптән безнең илдә дә, Кояш энергиясен халык хуҗалыгы һәм промышленность максатларында (электр энергиясе алу, биналарны җылыту һ. б. өчен) киңрәк куллану буенча эш алып барыла. Киләчәктә турыдан-туры Кояш нурланышы энергиясен куллану үзеннән-үзе артачак.

Кояш җирне яктыртып кына калмый, аны җылыта да. Кояш активлыгы күренешләре күп кенә геофизик күренешләрнең килеп чыгуы белән бергә бара. Кабынышлар вакытында тизләтелгән корылмалы кисәкчекләр агышы, Җирнең магнит кырына тәэсир итеп, анда магнит өермәләре тудыра, ә болары, үз нәүбәтендә, корылмалы кисәкчекләрнең атмосфераның түбәнрәк катлауларына үтеп керүен тәэмин итә һәм поляр балкышларның килеп чыгуына сәбәп була. Кояшның кыска дулкынлы нурланышы Җир атмосферасының (ионосфераның) корылмалы өске катлауларының ионлашуын көчәйтә, ә бу, үз чиратында, радиодулкыннарның таралуына көчле йогынты ясап, кайвакыт радиоэлемтәләр булдырырга комачаулый. Кояштагы актив процесслар Җирнең атмосферасына һәм магнит кырына тәэсир итеп, күпмедер дәрәҗәдә читләтеп хайваннар һәм үсемлекләр дөньясына да — органик дөньяның катлаулы процессларына — тәэсир итүе беленде. Хәзерге вакытта бу тәэсирләр һәм аларның механизмы галимнәр тарафыннан өйрәнелә.

19 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Әгәр гади күз 2—3′ тан да кечкенә булмаган почмак белән күренә торган әйберләрне аера алса, Кояшта Җир зурлыгындагы тапны гади күз белән (кара фильтр аша) күреп булырмы?
2. Яктылыгы температураның дүртенче дәрәҗәсенә пропорциональ һәм фотосфераның температурасы 6000 К дип исәпләп, Кояш табының яктылыгы фотосфера яктылыгыннан 10 тапкыр кимрәк булганда, аның температурасын исәпләп чыгарыгыз.

11 НЧЕ БИРЕМ

1. Кояш табының мәйданын табыгыз (68 нче рәсемне кара). (Таптан сулдарак түбәндәге кара түгәрәк Җир шарының фоторәсем масштабы белән алынган зурлыгына туры килә.)
2. Протуберанецның өч фоторәсемдәге торышын үлчәп, күтәрелү тизлеген км/с ларда табыгыз (71 нче рәсемне кара). (Фоторәсемнең масштабын табу өчен, рәсемдә күрсәтелгән сегменты буенча Кояшның радиусын билгеләгез.) Бу протуберанецның хәрәкәте тигез хәрәкәт булырмы?

23. ЙОЛДЫЗЛАРГА КАДӘР ЕРАКЛЫКНЫ БИЛГЕЛӘҮ. АЛАРНЫҢ ТӨП ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРЫ.

Йолдызлар — Галәмдә иң күп таралган күк җисемнәренең бер төре. 6 нчы йолдызча зурлыкка кадәр зурлыктагы йолдызлар 6000 гә якын, 11 нче йолдызча зурлыкка кадәргеләре якынча бер миллион, ә 21 нче йолдызча зурлыкка кадәргеләре бөтен күк йөзендә 2 млрд. чамасы дип исәпләнә.

Алар барысы да, Кояш кебек үк, үзләреннән гаять зур энергия чыгара һәм үзлегеннән яктыра торган кайнар газ шарлары. Йолдызлар бездән бик ерак булганлыктан, хәтта иң көчле телескоптан караганда да алар якты нокта рәвешендә генә күренә.

1. Еллык параллакс һәм йолдызларга кадәр ераклык. Йолдызларның параллактик тайпылышларын һәм аларга кадәр ераклыкларны үлчәү өчен Җирнең радиусын базис итеп алсак, ул бик кечкенә була. Коперник заманында ук Җир чыннан да Кояш тирәсендә әйләнеп йөрсә, күктә йолдызларның күренмә торышы үзгәрергә тиеш дигәннәр. Җир ярты ел эчендә үз орбитасының диаметры кадәр ераклыкка күчә. Бу орбитаның капма-каршы нокталарыннан нинди дә булса йолдызга карата юнәлешләр бер-берсеннән аерылырга тиеш. Икенче төрле әйткәндә, йолдызларның еллык параллакслары сизелергә тиеш (72 нче рәсем).

Йолдыздан караганда Җир орбитасының күрү нурына перпендикуляр булган зур ярымкүчәренең (а. б. кә тигез) күренү почмагы йолдызның еллык параллаксы (p) дип атала.

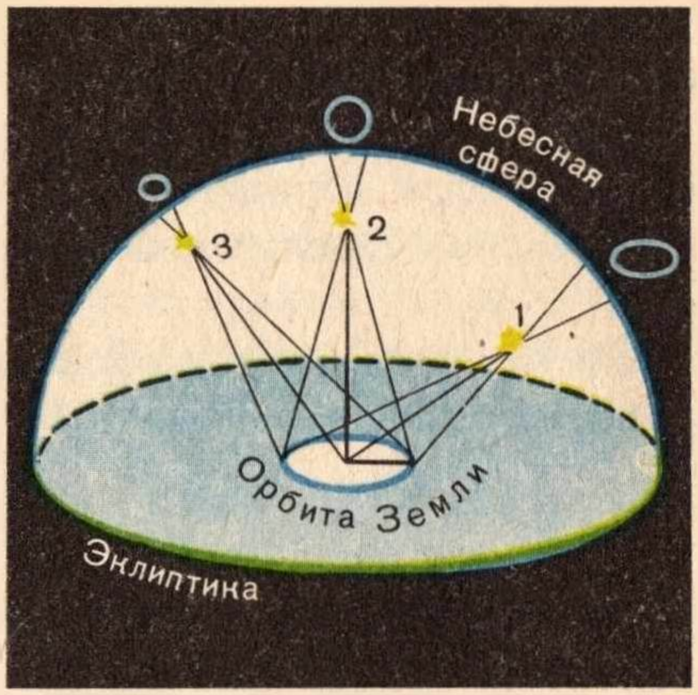
Йолдызга кадәр ераклык D зуррак булган саен, аның параллаксы кечерәк була. Әгәр йолдыз эклиптика полюсында булса, күк йөзендә йолдызның бер ел эчендәге торышының параллактик тайпылышы кечкенә эллипс яки түгәрәк буенча күчә (72 нче рәсемне кара).

Йолдызларның параллаксын Коперник белергә омтылып караган, ләкин таба алмаган.

Коперник, бу — йолдызларның Җирдән бик ерак булу нәтиҗәсе, дигән һәм, Җир орбитасының диаметрын базис итеп алып, ул вакыттагы приборлар белән йолдызларның параллактик тайпылышларын күреп булмавын бик дөрес аңлаткан.

Йолдызның еллык параллаксы беренче мәртәбә 1837 елда күренекле рус галиме В. Я. Струве тарафыннан ышанычлы рәвештә үлчәнгән. Ул Вега йолдызының еллык параллаксын үлчә-

гән. Бер үк вакытта диярлек башка илләрдә тагын ике йолдызның параллаксын үлчәгәннәр. Аларның берсе Центаврның α сы булган. Бу йолдыз СССРда бөтенләй күренми. Аның еллык параллаксы $p = 0{,}75''$ ка тигез һәм ул безгә иң якын йолдыз булып чыккан. 1 мм юанлыгындагы тимер чыбык 280 м дан караганда гади күзгә шундый почмак белән күренә. Шуңа күрә йолдызларның бик кечкенә почмакча тайпылышларын озак еллар күрә алмаулары бер дә гаҗәп түгел.



72. Йолдызларның еллык параллаксы.

Йолдызга кадәр ераклык $D = \frac{a}{\sin p}$, монда a — Җир орбитасының зур ярымкүчәре. Әгәр p дуга секундларында күрсәтелсә, почмак бик кечкенә булганда $\sin p = \frac{p''}{206265''}$. Ул вакытта $a = 1$ а. б. дип алып, табабыз:

$$D_{а.\,б.} = \frac{206265''}{p}.$$

Иң якын йолдыз Центавр α сына кадәр ераклык $D = 206\,265'' : 0{,}75'' = 270\,000$ а. б. була. *Яктылык бу ераклыкны 4 елда үтә, ә Кояштан Җиргә 8 минутта, Айдан 1 секундта килеп җитә.*

Яктылык бер ел эчендә үткән ераклык яктылык елы дип атала. Бу берәмлек парсек (пк) кебек үк ераклыкны үлчәү өчен кулланыла.

Парсек — Җир орбитасының күрү нурына перпендикуляр булган зур ярымкүчәре 1″ почмак белән күренә торган ераклык ул.

Парсекларда аңлатылган ераклык дуга секундлары белән алынган еллык параллаксның кире зурлыгына тигез. Мәсәлән, Центавр α сы йолдызына кадәр ераклык 0,75″ (3/4″) ка яки 4/3 пк ка тигез.

1 парсек = 3,26 яктылык елы = 206 265 а. б. = $3 \cdot 10^{13}$ км.

Хәзерге вакытта еллык параллаксны үлчәү йолдызларга кадәр

ераклыкны билгеләүдә төп ысул булып тора. Күп йолдызларның параллакслары үлчәнгән инде.

Еллык параллаксларын үлчәп, 100 пк тан яки 300 яктылык елыннан ерак булмаган йолдызларның ераклыкларын ышанычлы рәвештә билгеләргә мөмкин.

? *Ни өчен тагын да ераграк йолдызларның еллык параллаксларын төгәл үлчәп булмый?*

Ераграк йолдызларга кадәр булган араны кайвакыт башка юллар белән дә табып була (§ 25.1 не кара).

2. Күренмә һәм абсолют йолдызча зурлык. Йолдызларның яктыртучанлыгы. Астрономнар йолдызларга кадәр ераклыкны үлчәү мөмкинлеген тапканнан соң, йолдызлар күренмә яктылыклары буенча ераклыклары төрле булганга гына түгел, бәлки **яктыртучанлыклары** төрле булу нәтиҗәсендә дә берберсеннән аерылуы ачыкланды.

Йолдызның яктылык энергиясе нурланышы егәрлегенең Кояшның яктылык нурланышы егәрлегенә карата чагыштырмасы йолдызның яктыртучанлыгы (L) дип атала.

Әгәр ике йолдызның яктыртучанлыклары бертөрле булса, бездән ераграгының күренмә яктылыгы кимрәк булыр. Йолдызларның бер үк стандарт ераклык өчен күренмә яктылыгын (йолдызча зурлыгын) исәпләп чыгарганда гына, аларны яктыртучанлыгы буенча чагыштырырга мөмкин. Астрономиядә 10 пк ны шундый ераклык дип исәпләү кабул ителгән.

Бездән стандарт $D_0 = 10$ пк ераклыкта булган йолдызның безгә күренергә тиешле йолдызча зурлыгы аның абсолют йолдызча зурлыгы (M) дип атала.

Йолдызга кадәр ераклык D (яки аның параллаксы p) билгеле булганда, йолдызларның күренмә һәм абсолют йолдызча зурлыклары арасындагы микъдари бәйләнешне карыйк. 5 күренмә йолдызча зурлык аермасы төгәл 100 тапкыр зуррак яктылык аермасына туры килүен искә төшерик (§ 3.2 не кара). Шулай булгач, ике яктылык чыганагының берсе икенчесеннән нәкъ $\sqrt[5]{100}$ тапкыр яктырак булганда, аларның күренмә йолдызча зурлык аермасы берәмлеккә тигез була (бу зурлык якынча 2,512 гә тигез). Яктылык чыганагы яктырак булган саен, аның күренмә йолдызча зурлыгы кечерәк була. Гомумән алганда, теләсә нинди ике йолдызның күренмә яктылык дәрәҗәсе чагыштыр-

масы $L_1 : L_2$ аларның күренмә йолдызча зурлыклары m_1 һәм m_2 нең аермасы белән

$$l_1 : l_2 = 2{,}512^{m_2 - m_1}$$

бәйлелегендә була. D ераклыктагы йолдызның күренмә йолдызча зурлыгы m булсын. Әгәр ул $D_0 = 10$ пк ераклыктан күзәтелсә, аның күренмә йолдызча зурлыгы m_0 билгеләмә буенча абсолют йолдызча зурлыгы M га тигез булыр иде. Ул вакытта аның күренмә яктылыгы

$$l : l_0 = 2{,}512^{M-m} \tag{1}$$

тапкыр үзгәрер иде.

Шул ук вакытта йолдызның күренмә яктылыгы аңа кадәр ераклык квадратына кире пропорциональ үзгәрүе билгеле. Шуңа күрә

$$l : l_0 = D_0^2 : D^2. \tag{2}$$

Димәк,

$$2{,}512^{M-m} = D_0^2 : D^2. \tag{3}$$

Логарифмлап, табабыз:

$$0{,}4\,(M - m) = \lg 10^2 - \lg D^2, \text{ яки}$$

$$M = m + 5 - 5 - 5 \lg D, \text{ яки} \tag{4}$$

$$M = m + 5 + 5 \lg p, \tag{5}$$

p — дуга секундлары белән күрсәтелгән.

Йолдызның күренмә зурлыгы m һәм аңа кадәрге чын ераклык D билгеле булганда, бу формулалардан йолдызның абсолют зурлыгы M ны табарга мөмкин. 10 пк ераклыктан безнең Кояш 5 нче йолдызча зурлыктагы йолдыз кебек күренер иде, ягъни Кояш өчен $M_{\odot} \approx 5$.

Нинди дә булса йолдызның абсолют йолдызча зурлыгы M ны белеп, аның яктыртучанлыгы L ны җиңел исәпләп чыгарырга була. Кояшның яктыртучанлыгы $L_{\odot} = 1$ дип алып, яктыртучанлыкның билгеләмәсе буенча язарга мөмкин:

$$L = 2{,}512^{5-M}, \text{ яки } \lg L = 0{,}4\ (5 - M).$$

M һәм L зурлыклары төрле берәмлекләрдә йолдызның нурланыш егәрлеген аңлата.

Йолдызларны тикшерү яктыртучанлыклары буенча аларның

бер-берсеннән уннарча миллиард тапкыр аерылырга мөмкин икәнен күрсәтте. Йолдызча зурлыкта бу аерма 26 берәмлеккә җитә.

Бик якты йолдызларның *абсолют зурлыклары* тискәре һәм $M = -9$ га җитә. Андый йолдызларны **гигантлар** һәм **супергигантлар** дип атыйлар. Алтын Балыкның S йолдызы Кояшка караганда 500 000 мәртәбә яктырак, аның яктыртучанлыгы $L = 500\,000$ гә тигез. $M = +17$ һәм $L = 0{,}000013$ булган **кызыл кәрлә** йолдызларның нурланыш егәрлеге иң кечкенә.

Йолдызларның яктыртучанлыгындагы зур аерманың сәбәпләрен аңлау өчен, аларның нурланышына анализ ясау нигезендә билгеләргә мөмкин булган характеристикаларын карарга кирәк.

3. Йолдызларның төсе, спектры һәм температурасы. Күзәтүләр вакытында сез йолдызларның төрле төстә булуына игътибар иттегез. Бу аларның яктыракларында ачыграк беленде. Кыздырыла торган җисемнең, шул исәптән йолдызның да, төсе аның температурасына бәйле. Бу аның тоташ спектрында (§ 14.3 не кара) энергия бүленеше буенча йолдызларның температурасын билгеләргә мөмкинлек бирә.

Йолдызларның төсе һәм спектры аларның температураларына бәйле. Чагыштырмача салкын йолдызларның спектрында кызыл нурланыш өстенлек итә, шул сәбәпле аларның төсе дә кызыл. Кызыл йолдызларның температурасы түбән була. Кызыл йолдыздан эзлекле рәвештә кызгылт-сары, аннары сары, саргылт, ак, зәңгәрсу йолдызларга күчкән саен температура да арта бара. Йолдызларның спектры чиктән тыш күп төрле. Алар латин хәрефләре һәм цифрлары белән тамгаланган классларга бүленгән (китап ахырындагы форзацны кара). Температурасы 3000 К чамасы булган *М классындагы салкын кызыл йолдызларның спектрында* ике атомлы гади молекулаларның, барыннан да бигрәк титан оксидының, йотылу сызыклары күренә. Башка кызыл йолдызларның спектрында углерод һәм цирконий оксидлары күбрәк. *Антарес, Бетельгейзе — М* классындагы беренче зурлыктагы кызыл йолдызлар.

G классындагы сары йолдызларның спектрында (өслек температурасы 6000 К булган Кояш та шундыйларга керә) тимер, кальций, натрий һ. б. ш. металларның нәзек сызыклары күбрәк. Йөкче йолдызлыгындагы якты *Капелла* — спектры, төсе һәм температурасы буенча Кояш тибындагы йолдыз.

Сириус, Вега һәм Денеб кебек *А классындагы ак йолдызларның спектрларында* водород сызыклары ачыграк. Аларда ионлашкан металларның тонык сызыклары да күп. Мондый йолдызларның температурасы 10 000 К га җитә.

Температурасы 30 000 К булган тагын да *эссерәк, зәңгәрсу йолдызларның спектрларында* нейтраль һәм ионлашкан гелий сызыклары да күренә.

Күпчелек йолдызларның температурасы 3000 К белән 30 000 К арасында. Йолдызларның бик аз ында гына температура 100 000 К чамасы.

Шулай итеп, йолдызларның спектрлары бер-берсеннән нык аерылалар һәм алар буенча йолдыз атмосферасының химик составын, температурасын билгеләп була. Спектрларын өйрәнү *барлык йолдызларның атмосферасы күбрәк водород һәм гелийдан* торганлыгын күрсәтте.

Йолдыз спектрларындагы аерымлык, аларның химик составындагы төрлелектән дә бигрәк, йолдыз атмосферасындагы температураның һәм башка физик шартларның аерымлыгы белән аңлатыла. Югары температурада молекулалар атомнарга таркалалар. Тагын да югарырак температурада бәйләнешләре бик үк нык булмаган атомнар, электроннарын югалтып, ионнарга әвереләләр. Күп кенә химик элементларның ионлашкан атомнары, нейтраль атомнар кебек үк, билгеле бер дулкын озынлыгындагы энергия тараталар һәм йоталар. Бер үк химик элементның атомнары һәм ионнары йотылу сызыкларының интенсивлыгын чагыштырып, теоретик юл белән аларның чагыштырма микъдарын табалар. Ул температурадан функция була. Мәсәлән, йолдызларның спектрындагы караңгы сызыклар буенча, аларның атмосферасының температурасын билгеләргә була.

Температуралары һәм төсләре бертөрле, ләкин яктыртучанлыклары төрле булган йолдызларның спектрлары гомумән алганда бертөрле, шулай да кайбер сызыкларда чагыштырма интенсивлыкның аерымлыгын искәрергә мөмкин. Бу бер үк температурада аларның атмосферасындагы басымның төрле булуыннан килә. Мәсәлән, гигант йолдызларның атмосферасы сирәгрәк һәм анда басым азрак. Бу бәйлелекне графикта сурәтләгәндә, сызыкларның интенсивлыгы буенча йолдызның абсолют зурлыгын табарга, ә аннары (4) формула буенча аңа кадәр ераклыкны билгеләргә мөмкин.

Мәсьәлә. **Чаян ξ сының күренмә йолдызча зурлыгы 3 кә, ә аңа кадәр ераклык 7500 яктылык елына тигез булса, йолдызның яктыртучанлыгы нинди?**

Бирелгән:	Чишү:
$m=3$	$\lg L = 0{,}4\,(5-M)$.
$D = 7500$ якт. елы	$M = m + 5 - 5\lg D$, биредә D парсекларда күрсәтелгән. $D_{пк} = 7500$ якт. елы : 3,26 якт. елы $= 2300$ пк.
L — ?	Ул вакытта $M = 3 + 5 - 5\lg 2{,}3\cdot10^3 = -8{,}8$.
	$\lg L = 0{,}4\,[5-(-8{,}8)] = 5{,}52$.

Моннан $L = 3{,}3\cdot10^5$.
Җавап: $L = 3{,}3\cdot10^5$.

20 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Сириус Альдебараннан ничә мәртәбә яктырак? Кояш Сириустан яктыракмы?
2. Бер йолдыз икенчесеннән 16 тапкыр яктырак. Аларның йолдызча зурлыклары аермасы нәрсәгә тигез?
3. Веганың параллаксы 0,11″. Аннан Җиргә кадәр яктылык күпме вакыт эчендә килә?
4. Вега 2 тапкыр якынрак булсын өчен, Лира йолдызлыгы юнәлешендә 30 км/с тизлек белән ничә ел очарга кирәк булыр иде?
5. Йолдызча зурлыгы 3,4 булган йолдыз күренмә йолдызча зурлыгы — 1,6 булган Сириустан ничә мәртәбә тоныграк? Бу йолдызларның һәр икесенә кадәр ераклык 3 пк булса, бу йолдызларның абсолют зурлыклары күпмегә тигез?
6. Кушымтада китерелгән спектрының классына карап, IV таблицадагы һәр йолдызның төсен әйтегез.

24. ЙОЛДЫЗЛАРНЫҢ МАССАЛАРЫ ҺӘМ ҮЛЧӘМНӘРЕ

1. Куш йолдызлар. Йолдызларның массалары. Без Кояш мисалында йолдызларның массалары алардагы физик шартларны билгеләүче иң мөһим характеристикаларның берсе булуын күреп үттек. Бары тик *куш йолдызларның* гына массаларын турыдан-туры билгеләп була.

Әгәр йолдызларның куш булуларын турыдан-туры телескоптан күрергә мөмкин булса, алар визуаль-куш йолдызлар дип атала.

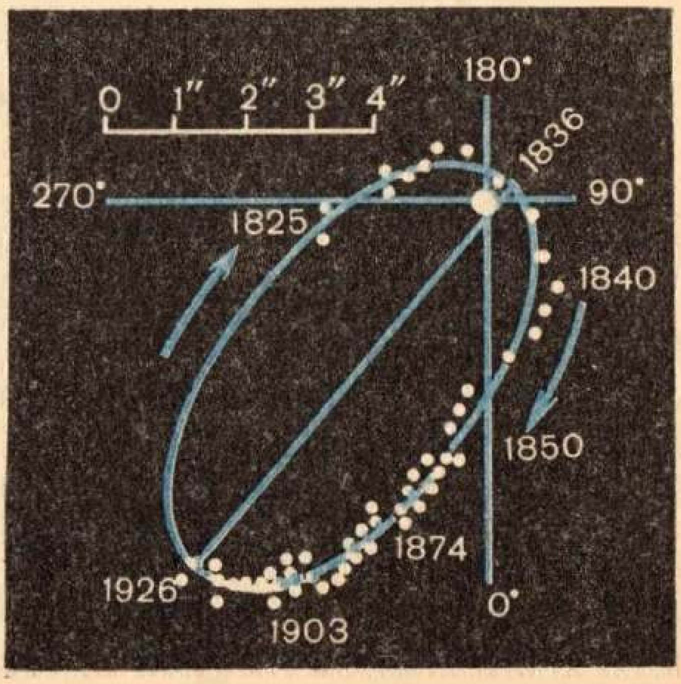
Зур Җидегәндә «Чүмеч сабы»ның ахырыннан икенче йолдыз ζ визуаль-куш йолдызга мисал булып тора. Аны гади күз белән күрергә мөмкин. Әгәр күзегез нормаль булганда, аңа бик якын торган кечкенә икенче бер тонык йолдыз күрерсез. Аңа инде бо-

рынгы гарәпләр үк игътибар иткән булганнар һәм *Алькор* (Җайдак) дип атаганнар. Йолдызның яктысын алар *Мицар* дип исемләгәннәр. Мицар һәм Алькор бер-берсеннән 11′ ераклыкта торалар. Бинокль аша караганда мондый парлы йолдызларны шактый күп табарга мөмкин.

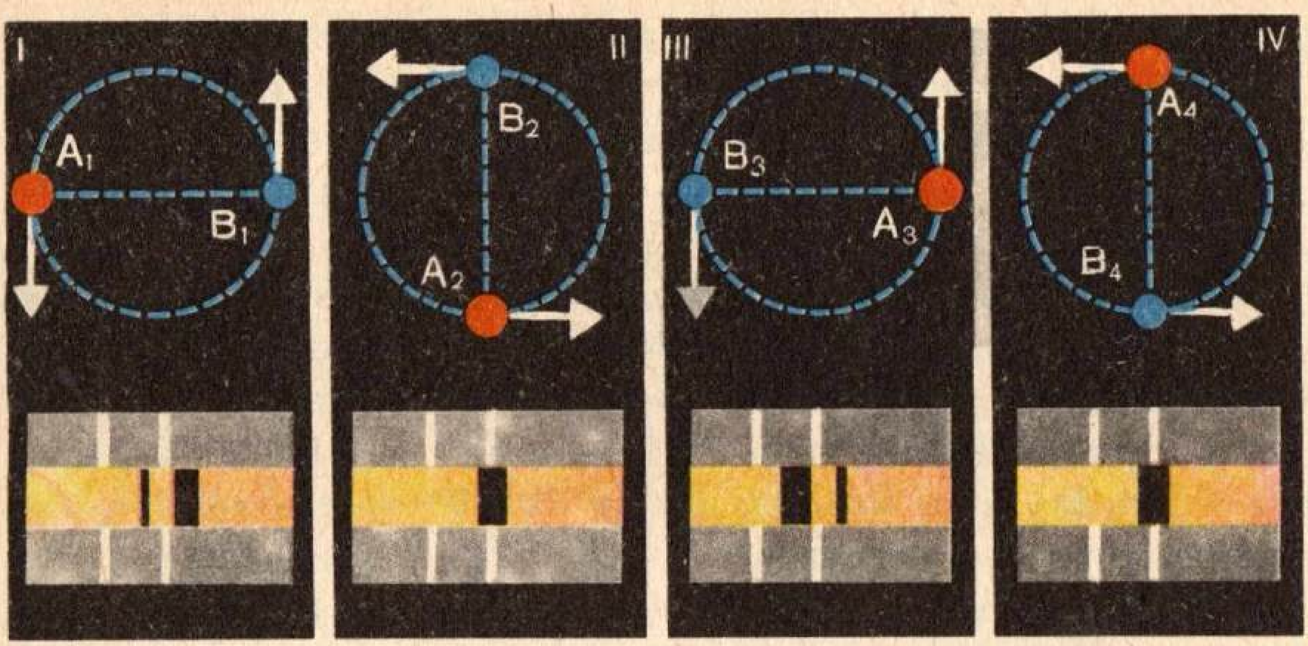
Йолдызлар саны $n \geqslant 3$ булган системаларны *кабатлы йолдызлар* дип атыйлар. Мәсәлән, бинокльдән караганда Лираның ε ы 4 нче йолдызча зурлыктагы бер-берсеннән 3′ ераклыкта булган ике бердәй йолдыздан тора. Телескоптан караганда Лираның ε ы — визуаль дүрт йолдыз. Ләкин *визуаль-куш* йолдызларның күбесе *оптик-куш* йолдызлар булып чыга, ягъни андый ике йолдызның якын торуы аларның күк йөзенә очраклы проекциясе нәтиҗәсе генә. Чынлыкта исә пространствода алар бер-берсеннән ерак торалар. Әгәр күзәткәндә йолдызларның бердәм система хасил итүләре һәм уртак массалар үзәге тирәсендә үзара тартылу көче тәэсирендә әйләнүләре ачыкланса, аларны *физик куш йолдызлар* дип атыйлар.

Күренекле рус галиме В. Я. Струве күп кенә куш йолдызларны ачкан һәм өйрәнгән. Визуаль-куш йолдызларның безгә билгеле булган иң кыска әйләнү периоды — берничә ел. Шулай ук әйләнү периоды уннарча ел булган пар йолдызлар да өйрәнелгән, ә йөзәр ел периодлы парлы йолдызлар киләчәктә өйрәнелер. Безгә иң якын торган Центаврның α сы — куш йолдыз. Бу йолдызларның аның компонентларының) әйләнү периоды 70 ел. Бу пардагы һәр ике йолдыз үзләренең массасы һәм температурасы белән Кояшка охшый.

73. Куш йолдыз (Кыз йолдызлыгының γ сы) иярчененең бездән 10 пк ераклыктагы төп йолдызга карата орбитасы. (Нокталар иярченнең кайбер елларда үлчәнгән торышларын күрсәтә. Аларның эллипстан читтә урнашуы үлчәгәндәге төгәлсезлекләрдән килеп чыккан.)



Гадәттә, төп йолдыз иярчен сызган эллипсның фокусында булмый, чөнки без аның орбитасын проекциядә дөрес күрмибез (73 нче рәсем). Ләкин геометрияне белү безгә аның чын орбитасын төзергә һәм



74. Спектраль-куш йолдызларның спектрларында сызыкларның икегә аерылуын яки тирбәлүен аңлату.

ярымкүчәрен (a) дуга секундларында үлчәргә мөмкинлек бирә. Әгәр куш йолдызга кадәр ераклык D парсекларда билгеле булса һәм иярчен йолдыз орбитасының секундлар белән үлчәнгән зур ярымкүчәре a'' ка тигез булса, астрономик берәмлекләрдә ул түбәндәгечә була:

$$A_{а.\,б.} = a'' \cdot D_{пк}, \text{ яки } A_{а.\,б.} = \frac{a''}{p''},$$

чөнки $D_{пк} = 1/p''$.

Йолдыз иярчененең хәрәкәтен Җирнең Кояш тирәсендәге хәрәкәте (әйләнү периоды $T_\oplus = 1$ ел, ә орбитасының зур ярымкүчәре $a_\oplus = 1$ а. б. булганда) белән чагыштырып, без Кеплерның III законы буенча:

$$\frac{m_1 + m_2}{A^3} T^2 = \frac{M_\odot + M_\oplus}{1^3} 1^2$$

дип яза алабыз. Биредә m_1 һәм m_2 — парлы йолдызларда компонентлар массасы, $M_\odot$ һәм $M_\oplus$ — Кояш һәм Җир массалары, ә T — пар йолдызларның еллар белән исәпләнгән әйләнү периоды. Кояш белән чагыштырганда Җир массасы бик кечкенә булганлыктан, аны төшереп калдырып, парлы йолдызларның массалары суммасын Кояш массасы аша табабыз:

$$m_1 + m_2 = A^3 : T^2.$$

Һәр йолдызның массасын аерым табу өчен, аның компонентларының үзләре тирәсендәге йолдызларга карата хәрәкәтен өйрәнер-

гә һәм массаларның гомуми үзәгенә кадәр A_1 һәм A_2 ераклыкларын исәпләргә кирәк. Ул вакытта икенче тигезләмә килеп чыга:

$$m_1 : m_2 = A_2 : A_1.$$

Ике тигезләмә системасыннан һәр йолдызның массасын табабыз.

Куш йолдызларны телескоптан караганда, еш кына гаҗәеп матур күренеш күзәтергә мөмкин: төп йолдыз сары яки кызгылтсары, ә иярчене ак яки зәңгәр төстә була.

Әгәр куш йолдызларның компонентлары үзара әйләнгәндә бер-берсенә бик якын килсәләр, аларны бик көчле телескоп аша караганда да аерым күреп булмый. Бу очракта аларның ике икәнлеген спектр буенча билгеләргә мөмкин. Мондый йолдызларны *спектраль-куш йолдызлар* дип атыйлар. Доплер эффекты нәтиҗәсендә йолдыз спектрларында сызыклар капма-каршы якларга тайпылырлар (берсе бездән ераклашканда, икенчесе безгә якынлашканда). Сызыкларның тайпылышы парларның әйләнү периодына тигез период белән үзгәрер. Әгәр бер парны тәшкил итүче йолдызларның яктылыгы һәм спектрлары охшаш булса, *куш йолдызның спектрында спектр сызыкларының периодик рәвештә икегә аерылуы күзәтелә* (74 нче рәсем). Куш йолдызның компонентлары A_1 һәм B_1 яки A_3 яки B_3 торышларын алсын ди, ул вакытта аларның берсе күзәтүчегә таба, икенчесе күзәтүчедән читкә таба хәрәкәт итәр (74 нче рәсем, I, III). Бу очракта спектр сызыкларының икегә аерылуы күзәтелә. *Якынлашучы йолдызның спектр сызыклары спектрның зәңгәр очына таба, ә ераклашучысыныкы — кызыл очка таба тайпылыр.* Куш йолдызларның компонентлары A_2 һәм B_2 яки A_4 һәм B_4 торышларын алса (74 нче рәсем, II, IV), ул вакытта алар икесе дә күрү нурына туры почмак ясап хәрәкәт итәрләр һәм спектр сызыклары икегә аерылмас.

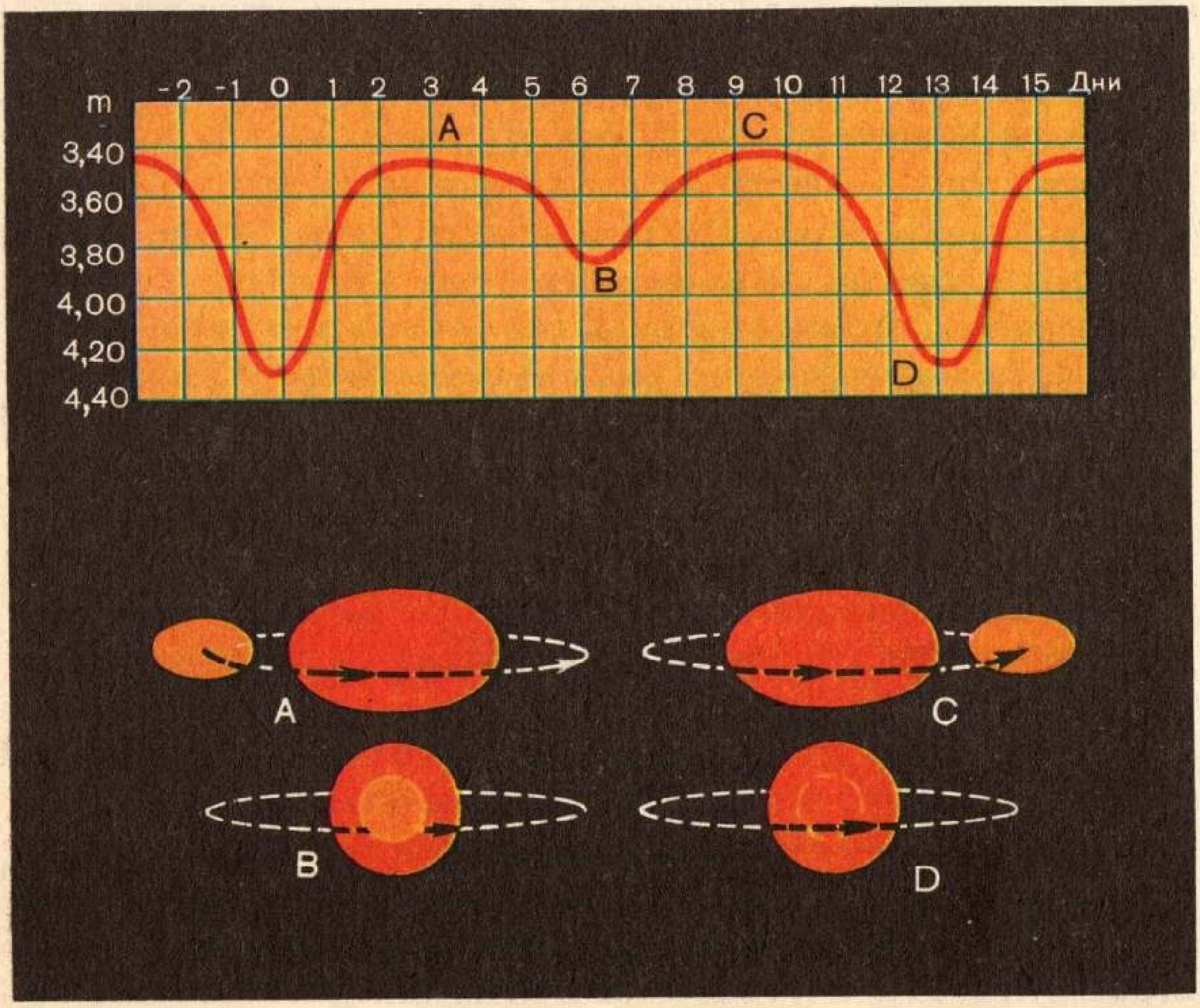
Әгәр йолдызлардан берсенең яктыртуы тонык булса, периодик рәвештә тайпыла торган икенче йолдызның гына сызыклары күренәчәк.

Спектраль-куш йолдызларның компонентлары үзара әйләнгәндә чиратлап бер-берсен каплаулары мөмкин. Андый йолдызларны *тотылышлы-куш* йолдызлар яки шундый йолдызларның типик вәкиле булган Персей β сының исеме буенча а л г о л ь л ә р дип атыйлар. Йолдыз тотылу вакытында безгә аерым-аерым күренми торган бу йолдыз парларының гомуми яктырышы ки-

мер (75 нче рәсемдә *B* һәм *D* торышлары). Тотылышлар арасында исә яктырышлар даими булачак (*A* һәм *C* торышлары) һәм тотылу вакыты кыскарак, орбитаның радиусы зуррак булган саен, бу даимилек озаграк дәвам итәр. Әгәр иярчен зур булып, үзе яктылыкны аз бирсә, якты йолдыз аны каплаган вакытта системаның суммар яктылыгы аз үзгәрә.

Борынгы гарәпләр Персей β сына Алголь (иблис мәгънәсендәге «әл гуль» сүзеннән бозып алынган) дип исем биргәннәр. Мөгаен, алар бу йолдызның сәер рәвештә үзгәреп торуын күргәннәрдер: Алгольнең яктырышы 2 көн 11 сәг даими була, аннары 5 сәг эчендә 2,3 йолдызча зурлыктан 3,5 йолдызча зурлыкка кадәр кими, аннан соң 5 сәг эчендә аның яктырышы элекке хәленә кайта.

75. Лира β сының күренмә яктылыгының үзгәрешләре һәм аның иярчененең хәрәкәт схемасы. (Бер-берсенә якын урнашкан йолдызларның формалары күтәрелешләр рәвешендәге тәэсирләшүләр нәтиҗәсендә сферик формадан нык аерылуы мөмкин.)



Вакыт функциясе буларак күренмә йолдызча зурлык үзгәрешен күрсәтүче кәкрегә анализ ясап, йолдызларның зурлыгын һәм яктылыгын, орбиталарының зурлыгын, формасын һәм күрү нурына авышлыгын, шулай ук йолдызларның массасын белергә мөмкин. Шулай итеп, спектраль-куш йолдызлар буларак та күзәтелә торган тотылышлы-куш йолдызлар иң яхшы өйрәнелгән системалардан исәпләнә. Кызганычка каршы, андый системалар хәзергә аз билгеле.

Билгеле булган спектраль-куш йолдызларның һәм алгольләрнең периодлары, нигездә, бик кыска — берничә тәүлек чамасы гына.

Гомумән алганда, куш йолдызлар бик киң таралган күренеш. Статистика йолдызларның 30% ы диярлек куш йолдызлар булуын күрсәтә.

Йолдызларның югарыда тасвирланган методлар белән табылган массалары аларның яктыртучанлыклары белән чагыштырганда бик аз аерылалар: якынча 0,1 дән алып 100 Кояш массасына кадәр. Бик зур массалар гадәттән тыш сирәк очрый. Гадәттә йолдызларның массасы биш Кояш массасыннан кимрәк була.

Йолдызларның нәкъ массалары аларның, эчке катлауларына югары температура (10^7 К нан югарырак) хас булган аерым тип күк җисеме буларак, яшәвен тәэмин итә. Мондый температурада водородның гелийга әверелүе бара торган төш реакцияләре күп йолдызларның алар тарафыннан таратыла торган энергия чыганагы булып тора. Масса кечкенә булганда күк җисеме эчендәге температура атом-төш реакциясе бару өчен кирәкле кыйммәткә ирешә алмый.

Хәзерге вакытта Галәмдә матдәләрнең химик составының үсеше башлыча йолдызлар аркасында килеп чыга һәм бара. Нәкъ аларның эчендә водородтан авыр химик элементларның синтезлануы кебек кайтма булмаган процесс бара.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. Куш йолдызның әйләнү периоды 100 ел. Күренмә орбитасының зур ярымкүчәре $a = 2{,}0''$, ә параллаксы $p = 0{,}05''$. Әгәр йолдызлар массалар үзәгеннән 1 : 4 чагыштырмасындагы ераклыкларда торсалар, аларның массалары суммасын һәм һәр йолдызның массасын табыгыз.

Бирелгән:	Чишү.
$T = 100$ ел $a = 2{,}0''$ $p = 0{,}05''$ $\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{4}$	$\frac{A_1}{A_2} = \frac{m_2}{m_1}$ булганлыктан, $\frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{4}$. Ул вакытта $m_1 = 4m_2$. Кеплерның III законы буенча $m_1 + m_2 = A^3 : T^2$, яки $4m_2 + m_2 = A^3 : T^2$, ягъни $5m_2 = A^3 : T^2$, ә $A_{а. б.} = \frac{a}{p}$, әгәр a һәм p дуга секундларында күрсәтелсә, $A_{а. б.} = \frac{2{,}0''}{0{,}05''} = 40$ а. б.
m_1 — ? m_2 — ?	

$$m_2 = \frac{40^3}{100^2 \cdot 5} \approx 1{,}28. \quad m_1 = 4 \cdot 1{,}28 = 5{,}12.$$

Җавап: $m_1 = 5{,}12$ Кояш массасы, $m_2 = 1{,}28$ Кояш массасы.

21 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Орбитасының зур ярымкүчәре 0,85 а. б., ә әйләнү периоды 0,285 ел булса, Капелла куш йолдызының массалары суммасын табыгыз.
2. Әгәр Җир орбитасы буйлап массасы Кояш массасы кадәр булган йолдыз хәрәкәт итсә, аның әйләнү периоды күпмегә тигез булыр иде?
3. 80 нче рәсем буенча нярченнең әйләнү периодын, орбитасының зур ярымкүчәрен табыгыз һәм компонентларының массалары суммасын исәпләп чыгарыгыз. Орбитасының зур ярымкүчәре рәсем яссылыгында ята дип исәпләргә.

2. Йолдызларның үлчәмнәре. Аларның матдәләренең тыгызлыгы. Бертигез температуралы йолдызларның, мәсәлән Кояш белән Капелланың (Йөкченең α сы), үлчәмнәрен ничек чагыштырырга мөмкин булуын гади генә бер мисалда күрсәтик. Бу йолдызларның спектрлары, төсләре һәм температуралары бертөрле, ләкин Капелланың яктыртучанлыгы Кояш яктыртучанлыгыннан 120 тапкыр артыграк. Бер үк температурада йолдызларның өслек берәмлегенә туры килгән яктылыгы бердәй булганлыктан, Капелланың өслеге Кояш өслегеннән 120 мәртәбә зуррак, ә диаметры һәм радиусы Кояшныкыннан $\sqrt{120} \approx 11$ мәртәбә зуррак булып чыга.

Нурланыш законнарын белү башка йолдызларның үлчәмнәрен билгеләргә мөмкинлек бирә.

Физикадан билгеле булганча, җылытылган җисемнең 1 м² өслегеннән вакыт берәмлеге эчендә таралган тулы энергия $i = \sigma T^4$ гә тигез, монда σ — пропорциональлек коэффициенты,

ә T — абсолют температура[1]. Билгеле бер T температуралы йолдызларның сызыкча чагыштырма диаметрлары түбәндәге формуладан табыла:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \frac{4\pi r^2}{4\pi r_{\odot}^2} \cdot \frac{i}{i_{\odot}} = \left(\frac{r}{r_{\odot}}\right)^2 \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^4,$$

монда r — йолдызның радиусы; i — йолдыз өслеге берәмлегенең нурланышы; $r_{\odot}$, $i_{\odot}$, $T_{\odot}$ — Кояш өчен шундый ук зурлыклар, $L_{\odot} = 1$.

Моннан Кояш радиусларында $r = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^2$

Йолдызларның почмакча диаметрын йолдыз интерферометры дип аталган махсус прибор ярдәмендә үлчәү мөмкинлеге тугач, яктырткычларның үлчәмнәрен болай исәпләүнең дөреслеге тулысынча расланды.

Яктыртучанлыгы бик зур булган йолдызлар **супергигантлар** дип атала. Кызыл супергигантларның үлчәмнәре дә шулай ук бик зур (76 нчы рәсем). Бетельгейзе һәм Антареcның диаметры Кояш диаметрыннан йөзләрчә тапкыр зуррак. Бездән тагын да ераграк булган Цефей VV сы шулкадәр зур, аның эчендә Кояш системасы үзенең Юпитер орбитасына кадәр булган планеталар орбиталары белән сыяр иде! Шуңа да карамастан, супергигантларның массалары Кояш массасыннан 30—40 мәртәбә генә зур. Нәтиҗәдә, кызыл супергигантларның хәтта уртача тыгызлыгы да бүлмә һавасы тыгызлыгыннан меңнәрчә мәртәбә кимрәк.

Яктыртучанлыклары бердәй булган йолдыз никадәр эссерәк булса, ул шулкадәр кечерәк була. **Кызыл кәрләләр** — **гадәти** йолдызлар арасында иң кечкенәләре. Аларның массалары һәм радиуслары Кояшныкының унынчы өлешләре белән генә үлчәнә, ә уртача тыгызлыклары су тыгызлыгыннан 10—100 мәртәбә зуррак. **Ак кәрләләр** кызыл кәрләләрдән дә кечерәк — болары инде гадәти йолдызлар түгел.

Безгә якын булган якты Сириусның (радиусы Кояш радиусыннан ике тапкыр чамасы зуррак) үзе тирәсендә 50 еллык период белән әйләнеп йөрүче иярчене бар. Бу куш йолдызның ераклыгы, орбитасы һәм массасы яхшы билгеле. Йолдызларның икесе

---

[1] Стефан — Больцман законы австрия физиклары М. Стефан (экспериментал рәвештә) һәм Л. Больцман тарафыннан ачыла.

76. Кояшның һәм төрле типтагы йолдызларның чагыштырмача үлчәмнәре (рәсемнең өч өлешендә дә масштаб төрле).

дә ак, температуралары бертигез диярлек. Димәк, бу йолдызлар бер үк мәйданлы өслектән бер үк микъдарда энергия бүлеп чыгаралар, ләкин иярченнең яктыртучанлыгы, Сириусныкына караганда, 10 000 мәртәбә кимрәк. Шулай булгач, аның радиусы $\sqrt{10\,000}=100$ мәртәбә кечерәк, ягъни ул Җир зурлыгында диярлек. Хәлбуки, аның массасы Кояш массасы чамасында! Димәк, ак кәрләнең тыгызлыгы гаять зур — якынча 10^9 кг/м^3. Мондый тыгызлыктагы газның булу мөмкинлеге түбәндәгечә аңлатыла: гадәттә тыгызлыкка төш һәм электрон сүрүдән торган системаны төзүче атомнар зурлыгы чик куя. Йолдыз эчендәге бик югары температурада тулысынча ионлашу булганда, төш һәм электроннар бер-берсенә бәйсез рәвештә хәрәкәт итә башлыйлар. Өске катлауларның гаять зур басымы астында бу атом «кораманлары», нейтраль газга караганда, ныграк кысылырга мөмкин. Билгеле бер шартларда атом төше тыгызлыгында йолдызларның да булуы теоретик яктан мөмкин дип исәпләнә.

Без ак кәрләләр мисалында астрофизик тикшеренүләрнең матдәләр төзелеше турындагы мәгълүматларны киңәйтүен тагын бер тапкыр күрәбез; хәзергә лабораториядә йолдыз эчендәге кебек шартларны булдыру мөмкин түгел. Шуңа күрә астрономик күзәтүләр иң мөһим физик күзаллауларның үсешенә ярдәм итә. Мисал өчен Эйнштейнның чагыштырмалылык теориясенең физика өчен әһәмияте гаять зур. Аннан астрономик мәгълүматлар ярдәмендә генә тикшерергә мөмкин булган берничә нәтиҗә

килеп чыга. Шул нәтиҗәләрнең берсе түбәндәгедән гыйбарәт: бик көчле тартылу кырында яктылык тирбәнешләре әкренәергә һәм, шуның нәтиҗәсе буларак, спектр сызыклары спектрның кызыл очына тайпылырга тиеш. Бу тайпылу йолдызның тартуы кыры көчлерәк булган саен зуррак була. Кызыл тайпылыш Сириус иярчененең спектрында табылган. Ул аның өслегендәге көчле тарту кыры тәэсирендә килеп чыга. Күзәтүләр югарыда әйтелгәннәрне һәм чагыштырмалылык теориясенең күп кенә башка нәтиҗәләрен раслады. Физика һәм астрономиянең үзара тыгыз бәйләнгәнен күрсәтүче мондый мисаллар хәзерге фәндә еш очрый.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. Арктурның яктыртучанлыгы 100, температурасы 4500 К булса, Арктур Кояштан ничә тапкыр зуррак?

Бирелгән:	Чишү.
$L = 100$	$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{r}{r_{\odot}}\right)^2 \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^4$, моннан
$T = 4500$ K	$\frac{r}{r_{\odot}} = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^2$.
$T_{\odot} = 6000$ K	$\frac{r}{r_{\odot}} = \sqrt{100} : \left(\frac{4500\ K}{6000\ K}\right)^2 = 18.$
$L_{\odot} = 1$	
$\frac{r}{r_{\odot}}$ — ?	

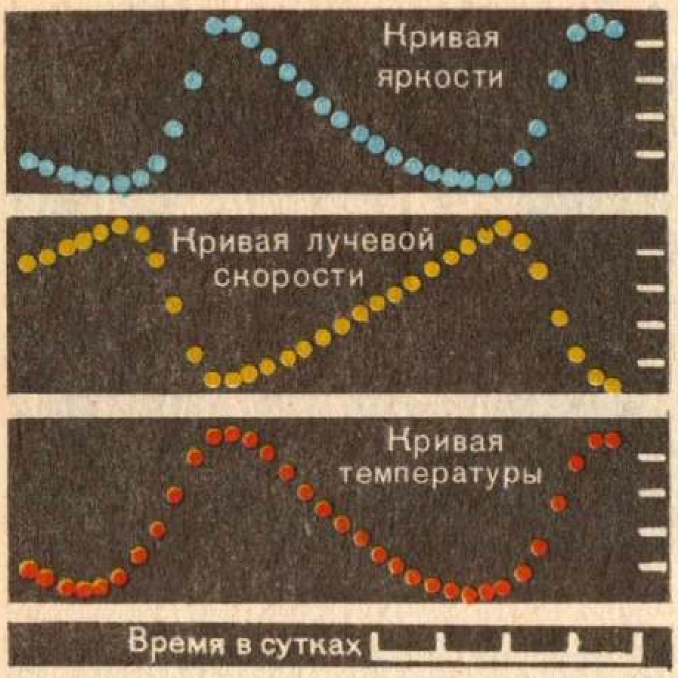
Җавап: $\frac{r}{r_{\odot}} = 18$ тапкыр.

22 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Ригельнең параллаксы 0,0069″ ка, күренмә йолдызча зурлыгы 0,34 кә тигез була, аның яктыртучанлыгы Кояштан ничә тапкыр күбрәк?
2. Кызыл төстәге супергигантның диаметры Кояш диаметрыннан 300 мәртәбә, ә массасы 30 мәртәбә зуррак булса, аның уртача тыгызлыгы күпме булыр?

25. ҮЗГӘРЕШЛЕ ҺӘМ СТАЦИОНАР БУЛМАГАН ЙОЛДЫЗЛАР

1. Цефеидлар. Сезгә инде билгеле булганча, алголь системаларында күренмә яктылыкның үзгәрешләре йолдызларның үзләренең яктыртучанлыклары үзгәрүдән килеп чыкмый, ә аларның периодик рәвештә кабатлана торган тотылышларына бәйле. Шуның белән бергә, хәзерге вакытта яктыртучанлыклары реаль үзгәрә торган уннарча мең физик үзгәрешле йолдызлар билгеле. Өстәвенә ул аларның кайберләрендә төгәл периодик рәвештә,



77. Цефеидларның яктырышы, нур тизлеге һәм температураларының якынча кәкреләре.

ә икенчеләрендә периодиклык бозыла, яки хәтта периодик та булмый.

Исегезгә төшерегез, йолдызларның периодиклыгы нинди физик характеристикаларга бәйле? Ни өчен ул үзгәрергә мөмкин?

Шулай итеп, йолдызның үлчәме һәм температурасы үзгәрү аның яктыртучанлыгы үзгәрүгә китерә. Шуңа күрә яктыртучанлыклары үзгәрү белән бергә спектрларында, ягъни аларның атмосфераларының торышында теге яки бу үзгәрешләр килеп чыгу — барлык физик үзгәрешле йолдызлар өчен типик күренеш.

Периодик үзгәрешле йолдызлардан цефеидлар игътибарга лаек. Цефеидлар — ак яки саргылт йолдызлар. Цефеидларга бу исем аларның типик вәкиле булган Цефей δ сыннан чыгып бирелгән. Аның үзгәрү периоды 5,37″ тәүлеккә һәм яктырышының үзгәрү амплитудасы 4,6 дан алып 3,7 гә кадәр йолдызча зурлыкка тигез. Цефеидларның яктырышы үзгәрү амплитудасы дистәләрчә минуттан алып берничә дистә тәүлеккә кадәр булган периодта 1,5 йолдызча зурлыктан артмый. Аларның бу периодлары озак еллар буена секундның өлешләренә кадәр төгәллек белән даими кала.

77 нче рәсемдә цефеидларның яктырыш үзгәрешләре һәм шуңа бәйле рәвештә температура һәм нур тизлегенең үзгәрешләре күрсәтелгән.

Температура үзгәрү аркасында цефеидларның спектраль классы да бераз үзгәрә. Бу үзгәрешләрнең сере шунда: *цефеидлар — пульсацияле йолдызлар.* Алар периодик рәвештә киңәя һәм кысыла. Өске катлауларның кысылуы аларның җылынуын китереп чыгара.

Цефеидлар ике группага бүленә: кыска периодлы цефеидлар, икенче төрле әйткәндә, периодлары 1 тәүлектән кимрәк булган Лираның RR ы тибындагы цефеидлар һәм периодлары 2 тәү-

лектән зуррак булган классик цефеидлар. Аларның беренчеләре эссерәк һәм барысының да абсолют зурлыклары бертөрле: $M=0{,}5$.

Классик цефеидлар сарырак, салкынрак булалар. Аларның шундый мөһим үзенчәлекләре бар: барлык классик цефеидлар — үтә зур гигантлар, һәм аларның периодлары озынрак булган саен яктыртучанлыклары да арта бара. Акрынрак үзгәрүче цефеидлар — иң якты цефеидлар. Периодлары 50 тәүл. чамасындагы цефеидлар Кояштан 10 000 тапкыр яктырак. Цефеидның яктырышы үзгәрү периоды буенча яктыртучанлыгын белеп (аны бик тонык цефеидлар өчен дә турыдан-туры күзәтү юлы белән җиңел белеп була) һәм аның абсолют йолдызча зурлыгы M ны күренмә йолдызча зурлыгы m белән чагыштырып,

$$\lg D=0{,}2(m-M)+1$$

формуласыннан (бу (4) формуладан чыга) аңа кадәр ераклыкны табып була.

Шуның өчен цефеидларның яктыртучанлыгының периодларына бәйлелеге безнең йолдыз системасының үлчәмнәрен һәм аларга кадәр ераклыкларны билгеләүдә зур әһәмияткә ия.

Якты гигант цефеидлар, Галәм маяклары кебек, безгә ерактан күренеп торалар. Аларга карап безнең йолдыз системасының контурларын билгелибез.

2. Яңа йолдызлар. «Яңа йолдызлар» дигән исем борынгы заманнардан ук чыннан да яңа дип исәпләнгән йолдызлар өчен сакланып килә. Тупланып килгән фоторәсем коллекцияләре яңа йолдыз дип аталган йолдызларның чынбарлыкта моңа кадәр дә булуын, ләкин кинәт кабынып китүен һәм шуның аркасында аларның яктырышының кыска гына вакыт эчендә ун меңнәрчә мәртәбә артуын күрсәтә. Кабынганнан соң йолдызның яктырышы әкренләп элекке хәленә кайта. Яңа йолдызларның яктырышы үзгәрүенең амплитудасы 7 дән алып 14 йолдызча зурлыкка кадәр, ягъни аларның яктырышы 400 000 тапкыр артуы мөмкин. Яктырышлары максимумга җиткәндә, алар — 6 дан — 9 га кадәр абсолют йолдызча зурлыкта булалар. Яңа йолдызларның кабынып китүе, бәлки, меңәр елдан соң гына кабатланадыр. Яктырышы максимум вакытында беренче йолдызча зурлыкка җиткән якты яңа йолдызлар сирәк, мәсәлән, 1901, 1918, 1925 елларда күзәтелгәннәр.

Андый кабынышлар көтмәгәндә булганлыктан, яңа йолдыз-

ларны ачу да очраклы рәвештә генә була. Аларны күпчелек очракларда һәвәскәр астрономнар, кайвакыт мәктәп балалары ача. Моның өчен Киек Каз Юлы янындагы йолдызлыкларны ешрак күзәтергә кирәк. Ләкин планетаны яңа йолдыз белән бутый күрмәгез!

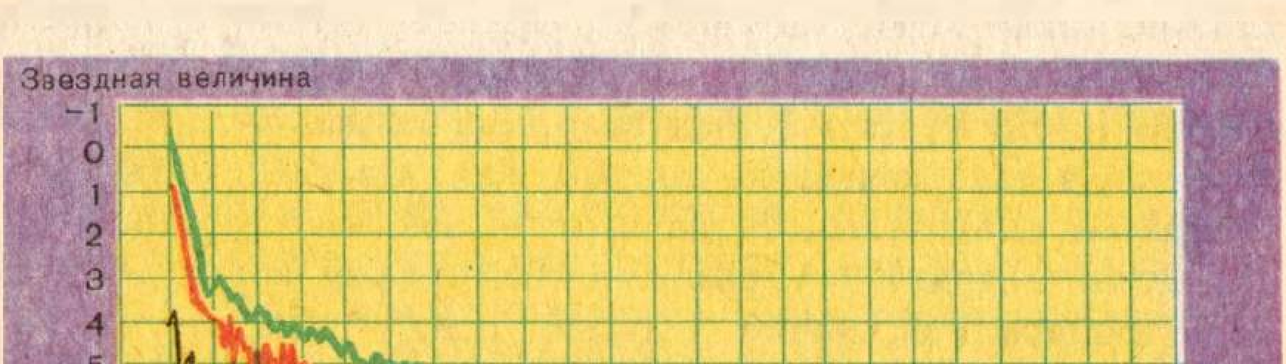
Яңа йолдызның кабынышы, гадәттә, берничә көн эчендә катастрофик рәвештә була, ә элекке яктыртучанлыгы хәленә кире кайтуы еллар буена сузыла һәм яктырышта тирбәнешләр булып тора (78 нче рәсем).

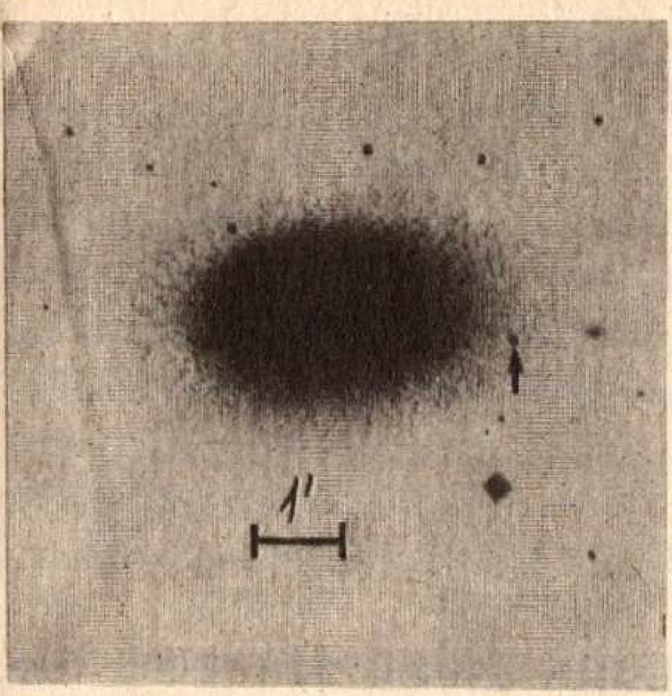
Яңа йолдыз спектрындагы үзгәрешләр түбәндәгеләрне күрсәтте: йолдызларның фотосферасы кабару — өслеге зураю аркасында аның яктырышы арта. Яктыртучанлыгының максимумы вакытында яңа йолдызның диаметры Җир орбитасы диаметрыннан зуррак була. Иң зур яктырыш вакытында йолдыздан аның өске катлавы аерылып китә һәм, киңәеп, 1000 км/с чамасы тизлек белән пространствога омтыла.

Яктыртучанлыгы уртача булган бик кызу йолдызлар гына шулай яңа йолдыз кебек кабына; өстәвенә барлык яңа йолдызлар куш йолдызлар булса кирәк, димәк, безнең Кояшның андый кабыну куркынычы юк.

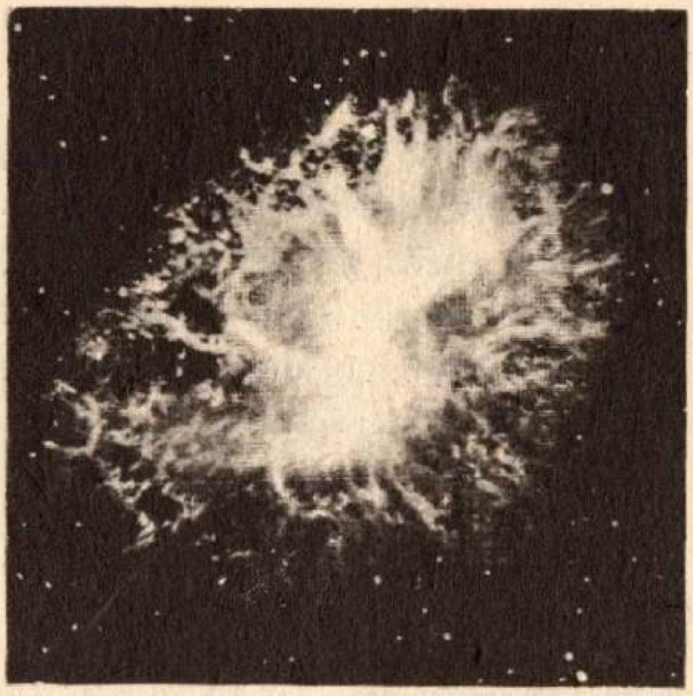
3. Иң яңа йолдызлар. Элек күренмәгән кайбер үзенә бер төр йолдызлар көтелмәгәндә кабынып китәләр дә яңа йолдызлар кебек сүнәләр. Ләкин яктырышының максимумында алар үзләренең яктыртучанлыклары буенча яңа йолдызларга кара-

78. Өч яңа йолдызның күренмә яктырышы үзгәрүе кәкрәсе.





79. Ерак йолдыз системасының — галактиканың фоторәсеме (негатив). Иң яңа йолдыз ук белән күрсәтелгән (фоторәсемнең почмакча масштабы бирелгән).



80. Крабсыман томанлык — 1054 елда Үгез Бозау йолдызлыгында кабынган иң яңа йолдыз кабынышы калдыгы.

ганда меңнәрчә тапкыр яктырак булалар. Аларны **иң яңа** йолдызлар дип атыйлар. Аларда газның чыгарып ташлану тизлеге дә гадәти яңа йолдызлардан күп мәртәбәләр зуррак була.

Иң яңа йолдызның яктыртучанлыгы гаять зур, аның яктырышы максимумда иң гади йолдыз яктыртучанлыгыннан ун меңнәрчә тапкыр яктырак булганга күрә, без аны бик ерактан, башка йолдыз системаларыннан ук күрәбез (79 нчы рәсем). Бу ераклыкларны билгеләгәндә иң яңа йолдызларның яктырышын үлчәүдән файдаланалар.

Иң яңа йолдызлар бик сирәк кабына — миллиард йолдыздан торган системада берничә дистә яки йөз елга уртача бер кабыныш кына була.

Телескоп уйлап табылганга кадәр үк инде безнең йолдыз системасында һичшиксез иң яңа йолдыз булган берничә йолдыз күзәтелгән. 1054 елда Үгез Бозау йолдызлыгында бу йолдызларның берсе кабынган урында бик аз яктыртучы үзенә бертөрле томанлык барлыкка килгән. Аны *Крабсыман* томанлык дип атыйлар (80 нче рәсем). Аның таркау хәлдәге төп массасына буй-буй катлам булып ионлашкан газлар үтеп кергән. Төрле елларда төшерелгән фоторәсемнәрне чагыштырып караганнан соң, бу томанлыкның ≈ 1000 км/с тизлек белән киңәюе беленде. Аның киңәя башлавы иң яңа йолдыз кабынып киткән момент-

тан башланган. Томанлыкны барлыкка китергән газ аның кабынышы вакытында хасил булган. Соңрак Крабсыман томанлыкның иң көчле радионурланыш чыганакларыннан берсе икәнлеге билгеле булды. Әлеге радионурланыш йолдыз шартлаганда хасил булган һәм яктылык тизлегенә якын тизлек белән хәрәкәт итүче электроннарны томанлыктагы магнит кырының тоткарлавы нәтиҗәсендә барлыкка килә. Магнит кырында электроннарның мондый радионурланышы термик булмаган яки **синхротрон** нурланыш дип атала. Крабсыман томанлык космостагы Рентген нурларының да куәтле чыганагы булып чыкты.

«Якындагы» башка иң яңа йолдызлар кабынган урында да радионурлар таратучы һәм киңәюче томанлыклар табылган. Иң яңа йолдызларның кабынуы — күк җисемнәре белән була торган иң зур һәм сирәк катастрофаларның берсе.

Барлык үзгәрешле һәм яңа йолдызларны өйрәнү гомумән йолдызларның табигатен һәм үсеш процессын аңлау өчен зур әһәмияткә ия, чөнки үзгәрешле һәм бигрәк тә яңа йолдызлар үз үсешләренең борылыш этапларында тотрыксыз хәлдә булалар. Аннары бу йолдызлардагы көчле үзгәрешләрне күзәтергә мөмкин, ә гадәти йолдызлардагы үзгәрешләрне, алар бик әкрен барганлыктан, күзәтеп булмый.

23 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Яңа йолдызларның яктырышы, гадәттә, даими температурада фотосфераның кабаруы нәтиҗәсендә арта. Әгәр яңа йолдызның яктылык үзгәреше 10 йолдызча зурлыкка тигез булса, йолдызның радиусы ничә мәртәбә үзгәргән булыр?
2. Галактиканың күренмә диаметры 2′; ә аңардан ераклык 10^7 пк булса, 79 нчы рәсемдәге иң яңа йолдыз күк йөзенә проекциясендә галактика үзәгеннән нинди ераклыкта урнашкан?

26. ЙОЛДЫЗЛАР ДӨНЬЯСЫНДАГЫ ИҢ МӨҺИМ ЗАКОНЧАЛЫКЛАР. ЙОЛДЫЗЛАРНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЕ.

Без ялгыз, куш һәм кабатлы йолдызлар, төрле типтагы үзгәрешле йолдызлар, яңа һәм иң яңа йолдызлар, супергигантлар һәм кәрләләр белән таныштык һәм аларның зурлыклары, яктыртучанлыклары, температура һәм тыгызлыклары бик күп төрле булуын күрдек. Алар физик характеристикалар хаосы китереп чыгармыйлармы соң? Юк икән. Югарыда сөйләнгән мәгъ-

лүматларны гомумиләштереп, йолдызлар арасында күп кенә закончалыклар табылган.

Йолдызларның билгеле булган массаларын һәм яктыртучанлыкларын чагыштырып карап, *массасы зурайган саен йолдызның яктыртучанлыгының да бик тиз артуын* күрергә мөмкин: $L \approx m^{3,9}$. Ялгыз йолдызның яктыртучанлыгын белгәндә, *«масса — яктыртучанлык»* дип аталган бәйлелектән чыгып, аның массасын табарга мөмкин (ак кәрләләр бу бәйлелеккә буйсынмыйлар).

Киң таралган йолдыз типлары өчен $L \approx R^{5,2}$ формуласы дөрес, биредә R — йолдыз радиусы. Барлык очракларда да тулы яктыртучанлык алына. Бу формулалар йолдызларның аларга кергән физик характеристикалары үзара бәйләнгән булуын күрсәтә.

Йолдызларның яктыртучанлыгын аларның температурасы һәм төсе белән чагыштыру бик кызыклы. Бу бәйлелек *«төс — яктыртучанлык»* (Т — Я) диаграммасында күрсәтелгән *(Герцшпрунг — Рессел диаграммасы,* китап ахырындагы форзацны кара). Бу диаграмманың ординаталар күчәренә яктыртучанлыкның логарифмнары яки йолдызча абсолют зурлыклары M салына, ә абсциссалар күчәренә спектраль класслар яки аларга тиңдәш температураларның логарифмнары, яки төсне характерлаучы зурлык салына. Характеристикалары билгеле булган йолдызларга тиңдәш нокталар диаграммада тәртипсез рәвештә ятмыйча, билгеле бер сызыклар — эзлеклелекләр буенча урнаша. Күпчелек йолдызлар сул яктан уң якка таба өстән аска авышкан туры өстендә урнашалар. Бу юнәлештә аларның яктыртучанлыклары, радиуслары һәм температуралары да бер үк вакытта кими бара. Бу — *төп эзлеклелек.* Анда, сары кәрлә йолдыз буларак, Кояшның торышы ук тамгасы белән күрсәтелгән. Төп эзлеклелеккә параллель рәвештә *субкәрләләр эзлеклелеге* урнаша. Субкәрләләр төп эзлеклелекнең шундый ук температуралы йолдызларыннан бер йолдызча зурлыкка тоныграк.

Өстә абсциссалар күчәренә параллель рәвештә *супергигантлар эзлеклелеге* урнашкан. Аларның төсләре һәм температуралары төрлечә, ә яктыртучанлыклары бердәй диярлек.

Төп эзлеклелекнең уртасыннан унга югарыга таба *кызыл гигантлар эзлеклелеге китә.* Ниһаять, түбәндә температуралары төрлечә булган *ак кәрләләр* урнашкан. *Аксыл зәңгәр эзлеклелек*

яңа йолдыз булып кабынучы йолдызларны һәм эссе йолдызларның башка типларын тәшкил итә.

Йолдызның теге яки бу эзлеклелеккә керүен аның спектрындагы кайбер детальләреннән белергә мөмкин.

Без табигатьтә масса, яктыртучанлык, температура һәм радиусның ирекле рәвештә алынган комбинацияләре булмавын күрдек. Теориядән күренгәнчә, Т — Я диаграммасында йолдызның урыны барыннан да элек аның массасы һәм яше белән билгеләнә, димәк, *диаграмма йолдызларның үсеш процессын чагылдыра.*

Йолдызның массасы никадәр зуррак булса, аның эчке температурасы да шулкадәр югарырак була һәм водород, гелийга әверелеп, бик тиз «янып» бетә. Төп эзлеклелектә урнашкан зәңгәр йолдызлар водородны 10^6—10^7 ел эчендә, ә Кояш кебекләр 10^{10} елда гына «яндырып бетерә». Кояшның эчке энергиясе әле миллиард елларга җитәчәк.

Йолдыз үзәгендә водород янып бетү белән йолдыз эволюциясе тизләшә. Йолдыз кызыл гигантка әверелә. Кызыл гигантларның тыгыз һәм кызу төшендә углеродның гелийдан синтезлану реакциясе бара. Гелий запасы беткәндә әлеге реакция тәмамлана. Йолдыз, кысыла барып, гаять тыгыз ак кәрлә хәленә килә. Әслеге кечкенә булганлыктан, ак кәрлә энергияне бик аз таратып, озак вакытлар яктырып торырга мөмкин. Кояшның һәм массалары аңардан зур булмаган йолдызларның эволюциясе шулай бара.

Йолдызлар Галәмендә акрын үзгәрешләр генә түгел, бәлки бик тиз, хәтта катастрофик үзгәрешләр дә булып тора. Мәсәлән, бер ел чамасы вакыт эчендә гади йолдыз рәвешендә күренгән йолдыз «иң яңа йолдыз» кебек кабына, ә аннары шулкадәр диярлек вакыт эчендә яктырышы кими. Нәтиҗәдә ул, бәлкем, нейтроннардан торган һәм бер секунд чамасы һәм аннан да тизрәк период белән әйләнүче бик кечкенә, якынча 10—20 км үлчәмле йолдызга (нейтрон йолдызга) әвереләдер. Аның тыгызлыгы атом төше тыгызлыгына кадәр артып (10^{18} кг/м^3 чамасы), ул радио һәм Рентген нурларының көчле чыганагы булып китә, һәм яктылык кебек үк бу нурларның пульсация периоды йолдызның әйләнү периодына тигезләшә. Киңәюче Крабсыман радиотоманлыкның үзәгендәге тоныкйолдыз шундый **пульсарның** мисалы булып тора. Пульсар рәвешендәге һәм Краб-

сыман радиотоманлыкка охшаган иң яңа йолдыз кабынышларының калдыклары хәзер шактый күп билгеле.

Нейтрон йолдызлар — массалары Кояш массасыннан аз гына зуррак йолдызлар эволюциясенең соңгы стадиясе ул.

Массалары Кояш массасыннан шактый зур булган йолдызлар үзләренең эволюцияләрен гравитация кыры яктылык нурларының таралуына каршылык күрсәтә торган һәм нейтрон йолдыз зурлыгындагы тыгыз объектка әверелеп тәмамлый дип исәпләү кабул ителгән. Мондый объектны кара тишем дип атыйлар.

Ак кәрләләр, нейтрон йолдызлар, кара тишемнәр төрле массадагы йолдызлар эволюциясенең соңгы стадиясе булып торалар. Аларның барлыгы теория тарафыннан әйтелгән, ләкин әле күзәтүләр белән расланмаган. Йолдызлар хасил иткән матдәләр соңрак яңа буын йолдызлар барлыкка китерүе мөмкин. Гомумән, йолдызларны барлык йолдыз системасының — Галактиканың состав өлеше дип караганда, аларның формалашу һәм үсеш процессы аңлашыла төшә.

12 НЧЕ БИРЕМ

1. а) Яктыртучанлыклары һәм температуралары Кояшка караганда артыграк булган; б) яктыртучанлыклары һәм температуралары Кояшка караганда кимрәк булган; в) яктыртучанлыклары Кояшка караганда артыграк, температуралары кимрәк булган; г) яктыртучанлыклары Кояшка караганда кимрәк, температуралары артыграк булган йолдызлар диаграмманың кайсы өлешендә урнашалар? Диаграммада түбәндәге йолдызларның торышлары цифрлар белән билгеләнгән:

1 — Бетельгейзе, *2* — Вега, *3* — Арктур, *4* — Сириус, *5* — Барнард йолдызы.

2. Диаграммадан файдаланып,

а) күренмә йолдызча зурлык турындагы мәгълүматларны IV кушымтадан алып, *1*, *2*, *3* йолдызларына кадәр ераклыкларны исәпләп чыгарыгыз;

б) Сириус иярчене — Сириус В йолдызының күренмә йолдызча зурлыгын билгеләгез;

в) Барнард йолдызына кадәр ераклык 1,8 пк булса, аның күренмә йолдызча зурлыгын билгеләгез.

VII. ГАЛӘМНЕҢ ТӨЗЕЛЕШЕ ҺӘМ ЭВОЛЮЦИЯСЕ

27. БЕЗНЕҢ ГАЛАКТИКА

1. Киек Каз Юлы һәм Галактика. Безне чолгап алган Галәм төзелеше фән тарафыннан ачылганга кадәр шактый озын үсеш юлы үткән. Бары тик XX гасыр башында гына хәлбуки моңа кадәр күп элек инде шактый гына дөрес фикерләр әйтелгән булса да, күк йөзендә күренә торган барлык йолдызлар үзенә бер аерым йолдызлар системасын — Галактиканы тәшкил итүе тәмам исбат ителә. Мәсәлән, инглиз галиме *Вильям Гершель* (1738—1822) дөньяда беренче булып, йолдызлар дөньясының төзелеше турындагы мәсьәләне чишү өчен дөрес юл күрсәткән: күк йөзенең төрле өлкәләрендә сайлап алынган бертөрле кечкенә генә өлешләрендә йолдызларны санарга кирәк дигән дөрес фикергә килгән.

Тора-бара бөтен күк йөзен уратып алган көмешсыман якты *Киек Каз Юлы* йолдызларының безнең нык яньчелгән йолдыз системасының — Галактикабызның төп өлеше булуы ачыкланды. Киек Каз Юлы күк йөзен зур түгәрәк буйлап уратып алганга күрә, без аның г а л а к т и к дип аталган яссылыгы янында торабыз. Галактика Киек Каз Юлы[1] яссылыгы буйлап барыннан да еарграк сузыла. Перпендикуляр юнәлештә йолдызларның тыгызлыгы кими, димәк, бу юнәлештә Галактика бик еракка җәелми.

Киек Каз Юлының без күзәтә торган структурасы (81 нче рәсем) аны тәшкил иткән тоныкь (ягъни ерак) йолдызларның чынбарлыктагы урнашуы һәм өлешчә аларның космик тузаннан торган болытлар тарафыннан каплануы белән бәйле. Мондый караңгы болытны Киек Каз Юлындагы Аккош йолдызлыгының Денеб йолдызы янында ике тармакка аерыла башлаган урынында күзәтергә мөмкин. Ул тармаклар күк йөзенең көньяк ярымшарында яңадан кушылалар. Мондый күренмә тармаклануны Киек Каз Юлының иң якты урыннарын, шул исәптән Чаян

[1] Борынгы греклар аны «галаксиас», ягъни сөт түгәрәге (г а л а — сөт сүзеннән) дип атаганнар.

һәм Укчы йолдызлыкларына кергәннәрен дә, каплый торган космик тузан тупланышлары китереп чыгара (82 нче рәсем).

Кайвакыт, ялгышып, Киек Каз Юлы — ул безнең Галактика, дип әйтәләр. Киек Каз Юлы — күк йөзендә безгә күренә торган якты божра ул, ә безнең Галактика — гигант йолдыз утравы (83 нче рәсем). Аның күпчелек йолдызлары Киек Каз Юлында, ләкин ул алар белән генә чикләнми. Галактикага барлык йолдызлыкларның йолдызлары керә.

21 нче йолдызча зурлыктагы һәм аннан да яктырак йолдызларның саны якынча $2 \cdot 10^9$ кадәр икәне исәпләп чыгарылган. Бу сан безнең йолдыз системасының — Галактиканың барлык йолдыз «халкын» да эченә алган бер өлеше генә, әлбәттә.

Галактиканың үлчәмнәре бик ерактан күрергә мөмкин булган йолдызларның пространствода урнашуларына карап билгеләнгән. Болар — цефеидлар һәм эссе супергигант йолдызлар. Галактиканың диаметрын түгәрәкләп 30 000 пк яки 100 000 яктылык елы дип алырга мөмкин, ләкин аның төгәл чиге юк.

81. Гади күз белән караганда Киек Каз Юлының күренеше.

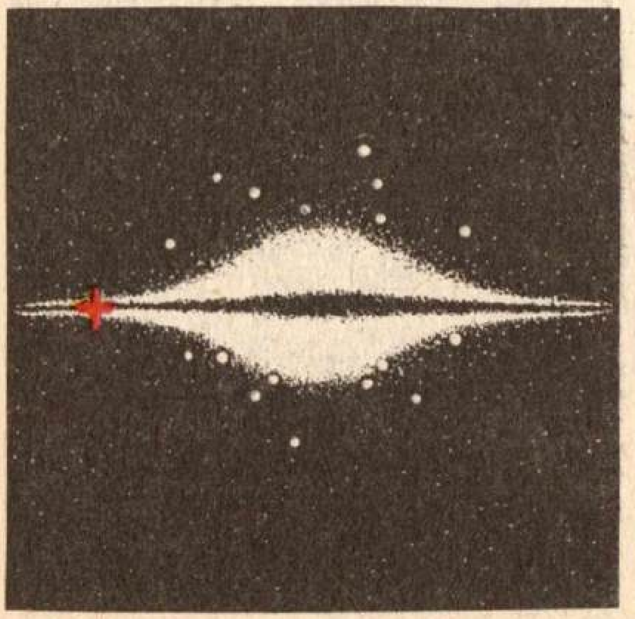
82. Киек Каз Юлының Укчы йолдызлыгындагы бер өлешенең фоторәсеме.

Вильям Гершель (1738—1822).
Инглиз астрономы һәм оптигы. Уран планетасын ачкан, куш йолдызларны һәм Киек Каз Юлының төзелешен тикшергән. Үз чоры өчен берничә бик зур телескоп төзегән.

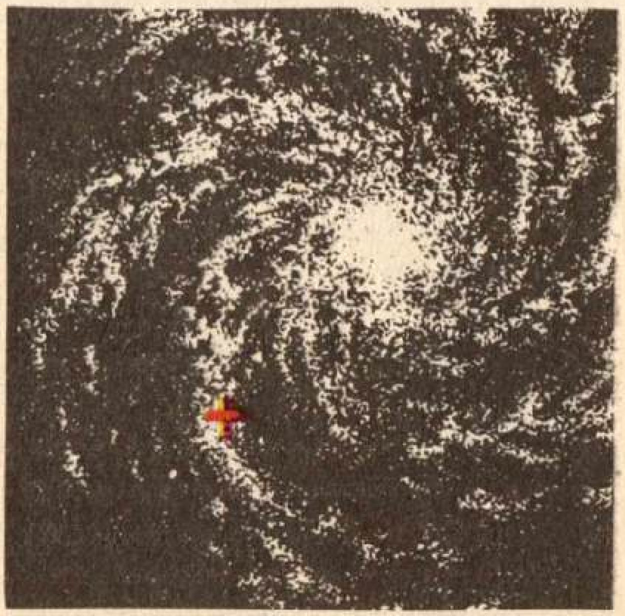
Галактика йолдызларының тызлыгы әкренләп кими барып, ахырда бөтенләй юкка чыга.

Галактиканың үзәгендә 1000—2000 пк диаметрлы төше — йолдызларның гаять зур һәм куе тупланышы урнашкан. Ул бездән Укчы йолдызлыгы юнәлешендә 10 000 пк (30 000 яктылык елы) чамасы ераклыкта булып, тулысынча диярлек космик тузан болытлары пәрдәсе белән капланып тора.

Галактиканың төше составына күп кенә кызыл гигантлар һәм кыска периодлы цефеидлар керә. Төп әзлеклелекнең өске өлешендәге йолдызлар, аеруча супергигантлар һәм классик цефеидлар, яшьрәк йолдызлар булып исәпләнә. Алар үзәктән ераграк урнашканнар һәм чагыштырмача юка катлам яки диск төзиләр. Бу диск йолдызлары арасында тузан һәм газ болыты урнашкан. Субкәрләләр һәм гигантлар Галак-



83. Галактиканың шарсыман йолдыз тупланышы системасы белән бергә схематик күренеше (яннан күренеше, Кояш системасы x тамгасы белән күрсәтелгән).



84. Галактиканың спираль тармаклары (Галактиканың яссылыктагы схематик сурәте, яссы ягыннан алынган).

тиканың төше һәм дискысы тирәсендә сферик система хасил итәләр.

29 нчы параграфта сөйләнәчәк йолдыз системаларындагы кебек үк, безнең Галактика дискысында да төштән башланып китеп, ахырда бөтенләй юкка чыгучы спираль тармаклар булырга тиеш (84 нче рәсем). Мондый тармаклар өчен эссе супергигантлар, бигрәк тә эссе йолдызлардан торган таркау тупланышлар һәм классик цефеидлар хас. Ләкин безнең Галактикада спираль тармакларның төгәл ничек урнашканлыгы һәм формасы ачыкланмаган әле.

Йолдызларның теге яки бу эзлеклелектә булы белән аларның пространствода урнашулары арасындагы бәйләнеш йолдызларның барлыкка килү вакытын һәм шартларының төрлелеген чагылдыра.

2. Йолдыз тупланышлары һәм ассоциацияләре. Күк йөзенең кайбер урыннарында телескоптан караганда, ә кайбер урыннарда хәтта гади күз белән дә йолдызларның үзара тартылу көче белән бәйләнгән тыгыз төркемнәрен яки *йолдыз тупланышларын* күрергә була. Йолдыз тупланышларын ике төргә бүләләр: *таркау* һәм *шарсыман* тупланышлар. Аларның үзлекләрен чагыштырып карыйк. Таркау тупланышлар (85 нче рәсем), гадәттә, төп эзлеклелекнең уннарча яки йөзләрчә йолдызларыннан һәм үзәккә таба бераз тупланган супергигантлардан тора. Шарсыман тупланышлар (86 нчы рәсем) исә төп эзлеклелекнең уннарча яки йөзләрчә мең йолдызларыннан һәм кызыл гигантлардан тора. Кайвакыт аларга кыска периодлы үзгәрешле цефеидлар да керә.

Таркау тупланышларның үлчәме берничә парсекка житә. Үгез Бозау йолдызлыгындагы Гиадалар һәм Иләк йолдызлар таркау йолдыз тупланышларының мисалы булып тора. Әгәр Иләк йолдызга телескоп аша карасак, гади күз белән караганда күренә торган 6 йолдыз урынына зәбәрҗәттәй чәчелгән бик күп йолдызларны күрербез. Шарсыман тупланышларның үзәгенә таба йолдызларның тыгызлыгы бик нык арта, һәм бу тупланышларның үлчәме уннарча парсекка житә. Алар барысы да бездән бик ерак һәм көчсезрәк телескоптан томанлы тап рәвешендә генә күренә.

Йолдызларның шарсыман һәм таркау тупланышларының «төс — яктыртучанлык» диаграммалары төрле. Бу исә йолдыз тупланышының тибын билгеләргә ярдәм итә. Таркау тупланыш-

85. Илөх йолдызлар дигән таркау йолдыз тупланышы (аның төп йолдызлары аларны чолгап алган космик тузанны яктырта).

86. Геркулес йолдызлыгындагы шарсыман йолдыз тупланышы.

лар составында газ һәм тузан бар (85 нче рәсемне карагыз), ә ул шарсыман тупланышларда күзәтелми.

Иң якын шарсыман тупланышларга кадәр ераклыкларны алар составындагы кыска периодлы цефеидлар буенча табалар. Моның өчен цефеидларның күренмә йолдызча зурлыгын аларның билгеле булган абсолют йолдызча зурлыгы белән чагыштыралар.

Таркау тупланышларга кадәр булган ераклыкны табу өчен, алардагы йолдызларның «төс — күренмә йолдызча зурлык» диаграммасын төзеп, аны «төс — абсолют йолдызча зурлык» диаграммасы белән чагыштыралар. Әлеге ераклык бер үк төстәге йолдызларның күренмә һәм абсолют зурлыклары арасындагы аерманы табарга мөмкинлек бирә, моннан тупланыштагы йолдызларга кадәр ераклыкны да табып була ((4) формуланы кара).

Хәзер 100 дән артык шарсыман һәм йөзләрчә таркау тупланыш билгеле, ләкин соңгылары Галактикада уннарча мең булырга тиеш. Без алардан иң якыннарын гына күрәбез.

Күк йөзендә эссе супергигантларның таркау төркемнәрен күзәтергә мөмкин. Аларны совет галиме академик **В. А. Амбарцумян** *О*-ассоциацияләре дип атаган. Аларның йолдызлары бер-берсеннән бик ерак булганлыктан, алар арасында йолдыз тупланышларындагы кебек үзара тартылу көче юк. *О*-ассоциацияләре шулай ук спираль тармак йолдызлары өчен дә хас.

24 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Шарсыман йолдыз тупланышында бернича кыска периодлы үзгәрешле цефеид күренгәндә, бу тупланышка кадәр ераклык күпме булыр? Аларның күренмә йолдызча зурлыклары 15, 5, ә абсолют зурлыгы 0, 5. Тупланышның почмакча диаметры 1′ булса, аның сызыкча диаметры күпмегә тигез? Кояш бездән әлеге тупланыш ераклыгында булса, ул нинди күренмә йолдызча зурлыкта булыр иде?
2. Иләк йолдыз тупланышы фоторәсемдә 1 мм га 1, 2′ почмакча масштаб белән бирелгән (85 нче рәсем). Тупланышның параллаксы $p = 0,15''$. Җирдән ераклыкларын тигез дип алып, тупланышның иң якты ике йолдызы арасындагы сызыкча ераклыкны табыгыз.

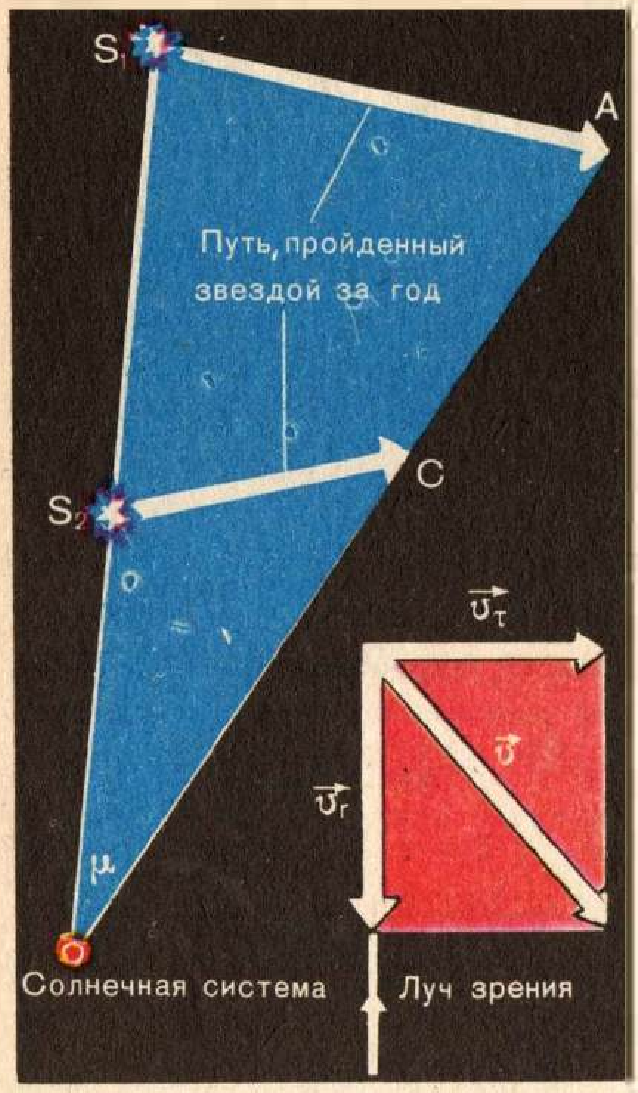
3. Галактикада йолдызларның хәрәкәтләре. Борынгы заманнарда очраклы рәвештә генә йолдызлар бер-берсенә карата хәрәкәт итми дип уйламаганнар. Бары тик XVIII гасырда Сириусның күк йөзендә бик акрын гына күчүен белгәннәр. Бу аның торышын уннарча ел аша бик төгәл итеп үлчәп чагыштырганда гына сизелә.

Күк йөзендәге ерак йолдызлар фонында почмакча еллык тайпылыш йолдызның үз хәрәкәте дип атала. Аның бер ел эчендәге тайпылышы дуга секундының өлешләре белән үлчәнә.

Б а р н а р д йолдызының гына еллык тайпылышы 10″ дуга озынлыгына тигез. Бу 200 елга 0,5°, яки Айның күренмә диаметрын тәшкил итә. Шуның өчен Барнард йолдызын «очар» йолдыз дип атаганнар.

Йолдызларның үз хәрәкәтләрен хәзерге вакытта күк йөзенең бер үк өлкәсен бер үк телескоптан еллар яки унар ел аша төшерелгән фоторәсемнәрен чагыштырып карап табалар. Йолдыз хәрәкәт иткәнлектән, бу вакыт эчендә аның ераграк йолдызлар фонындагы торышы үзгәрә. Йолдызның фоторәсемнәрдәге тайпылышы махсус микроскоплар ярдәмендә үлчәнә. Мондый тайпылышны чагыштырмача якын йолдызлар өчен генә билгеләп була.

Ләкин йолдызга кадәр ераклык билгеле булмаса, йолдызның үз хәрәкәтеннән чыгып кына, аның чынбарлыктагы тизлеге турында фикер йөртү читен. Мәсәлән, йолдызларның бер ел эчендә үткән юллары төрле: S_1A, S_2C булуы мөмкин, ә аларга тиңдәш үз хәрәкәте (μ) бертөрле (87 нче рәсем) була. Пространствода йолдызның тизлеген — берсе күрү нуры юнәлешендә, икенчесе аңа перпендикуляр юнәлгән ике компонентның векторлы суммасы рәвешендә күрсәтергә мөмкин. Беренче компо-



87. Йолдызның үз хәрәкәте μ, нур буенча v_r, тангенциаль v_τ һәм пространстводагы тулы тизлеге v_0.

нент — **н у р** буенча тизлеген, икенчесе **т а н г е н ц и а л ь** тизлекне белдерә. Йолдызның үз тизлеге бары тик аның тангенциаль тизлеге белән генә билгеләнә һәм нур буенча тизлегенә бәйле түгел. Тангенциаль тизлек v_τ ны км/с ларда күрсәтү өчен, радианнарда үлчәнгән μ ны йолдызга кадәр ераклыкның километрлар белән үлчәнгән кыйммәте D га тапкырлап, бер ел эчендәге секундлар санына бүләргә кирәк. Практикада μ һәрвакыт дуга секундларында, D парсекларда үлчәнгәнлектән, v_τ ны км/с лар белән исәпләү өчен түбәндәге формула килеп чыга:

$$v_\tau = 4{,}74\mu D$$

Спектры нигезендә йолдызның нур буенча тизлеге v_r да табылган булса, аның пространстводагы тизлеге

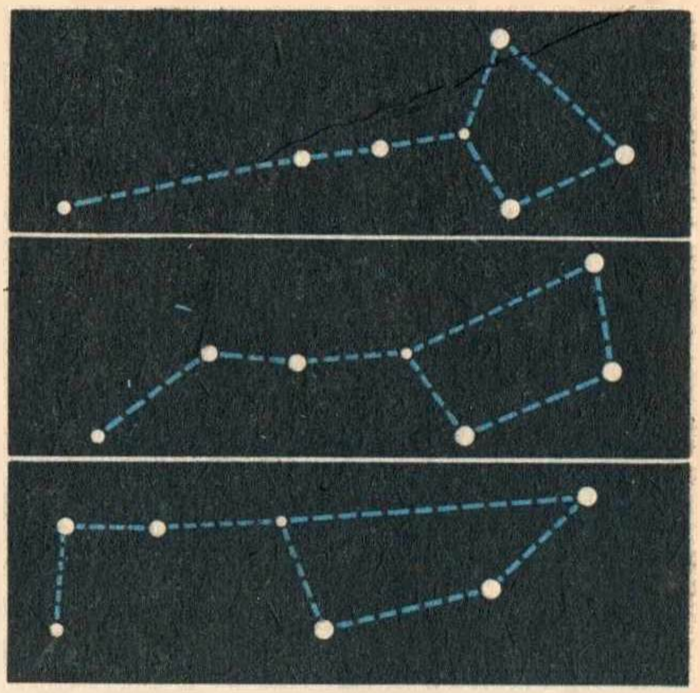
$$v = \sqrt{v_\tau^2 + v_r^2}$$

га тигез булыр. Йолдызларның Кояшка (яки Җиргә) карата бер секундтагы тизлеге гадәттә дистәләрчә километрга җитә.

4. Кояш системасының хәрәкәте. XIX гасыр башларында В. Гершель, кайбер якын йолдызларның үз хәрәкәтләрен тикшереп, Кояш системасының ул йолдызларга карата Лира һәм Геркулес йолдызлыклары юнәлешендә хәрәкәт итүен белгән. Кояш системасының хәрәкәт итү юнәлеше хәрәкәт **а п е к с ы** дип атала. Соңрак, спектрга карап йолдызларның нур буенча тизлеген исәпләп чыгара башлагач, Гершель фикеренең дөреслеге расланды. Апекс юнәлешендә йолдызлар безгә уртача 20 км/с тизлек белән якынлашалар, ә капма-каршы юнәлештә

шундый ук тизлек белән бездән ераклашалар. Шулай итеп, *күрше йолдызларга карата Кояш системасы Лира һәм Геркулес йолдызлыклары юнәлешендә 20 км/с тизлек белән хәрәкәт итә.*

Күк йөзендә бик якын йолдызларның да пространствода бер-берсеннән ерак урнашкан булулары һәм төрле тизлек белән хәрәкәт итүләре мөмкин. Шуңа күрә, меңнәрчә еллар үткәч, йолдызларның үз хәрәкәтләренең нәтиҗәсе буларак, йолдызлыкларның күренеше үзгәрергә тиеш (88 нче рәсем).



88. Зур Җидегән йолдызлыгындагы йолдызларның үз хәрәкәтләре нәтиҗәсендә күренмә торышларының үзгәрүе: югарыда — моннан 50 мең ел элек булган, уртада — хәзерге вакыттагы, түбәндә — 50 мең елдан соң булачак торышы.

5. Галактиканың әйләнүе. Галактиканың барлык йолдызлары аның үзәге тирәсендә әйләнә. Йолдызларның почмакча әйләнү тизлеге Галактиканың эчке өлкәсендә чама белән (Кояшка кадәр) бердәй диярлек, ә аның тышкы өлешләре әкренрәк әйләнә. Йолдызларның Галактикада әйләнеше планеталарның Кояш системасындагы әйләнешеннән шуның белән аерыла да, чөнки монда орбита радиусы арту белән почмакча һәм сызыкча тизлекләре бик тиз кими. Бу аерымлык исә Галактика төшенең массасы башка өлешләре белән чагыштырганда зур булмавы, Кояш системасындагы Кояшка охшамавы белән аңлатыла.

Кояш системасы Галактиканың үзәге тирәсендә 250 км/с чамасы тизлек белән якынча 200 млн. елга бер тулы әйләнеш ясый.

Галактиканың массасы аның әйләнүеннән чыгып билгеләнә. Ул $2 \cdot 10^{11}$ Кояш массасы чамасында.

25 НЧЕ КҮНЕГҮ

1. Йолдызның үз хәрәкәте елга 0,1″ тәшкил итә. Аңа кадәр ераклык 10 пк. Аның тангенциаль тизлеге күпмегә тигез?
2. Алдагы мәсьәләдәге йолдызның нур буенча тизлеге 10 км/с. Аның пространстводагы тизлеге күпме булыр?

3. Әгәр йолдыз (1 нче мәсьәләне карагыз) безгә 100 км/с тизлек белән якынлашса, аның торышы 100 ел эчендә ничек үзгәрер?

13 НЧЕ БИРЕМ

Зур Җидегәннең чүмеч тоткасындагы сулдан беренче һәм өченче йолдызларының рәсемдә бер-берсенә карата торышын чагыштырып (88 нче рәсем), фоторәсемнең масштабы бу рәсемдәгедән 10 тапкыр зуррак булганда, аларның 50 ел эчендә бер-берсенә карата күчешен билгеләгез (мм ның өлешләрендә).

28. ЧӘЧЕЛМӘ (ДИФФУЗ) МАТЕРИЯ

1. Йолдызара тузан һәм газ. В. Я. Струве моннан йөз еллар элек үк яктылыкның йолдызара йотылуына игътибар иткән. Бу фикер 1930 елда гына тәмам исбат ителә. *Яктылыкның йолдызара йотылуы йолдызларның яктырышын йолдыз бездән никадәр ераграк булса, шулкадәр күбрәк һәм яктылыкның дулкын озынлыгы никадәр кыскарак булса, шулкадәр көчлерәк киметә.* Шуңа күрә ерактагы йолдызлар үзләренең чынбарлыктагы төсләренә караганда кызылрак булып күренәләр. Мондый эффектны зурлыклары яктылык дулкыны озынлыгы чамасында булган вак тузан бөртекләре китереп чыгарырга тиеш.

Тикшеренүләр йолдызара тузанның чама белән 200—300 пк калынлыктагы юка катлау рәвешендә Галактика яссылыгы буйлап тупланган булуын күрсәтте. Бу катлау урыны белән болытка әверелүче сирәкләнгән газ һәм тузан тирәлегеннән гыйбарәт. Галактика яссылыгында һәр 1000 пк арада яктылык уртача 1,5 йолдызча зурлыкка кими.

Ерак йолдызларның күренмә яктырышлары кимү аларга кадәр ераклыкны абсолют йолдызча зурлыкларны күренмә йолдызча зурлыкларга чагыштыру юлы белән төгәл билгеләүне авырлаштыра. Шуның өчен тигезсез таралган космик тузанның һәм караңгы томанлыкларның урнашу тәртибен өйрәнергә һәм аларның тәэсирен исәпкә алырга кирәк була.

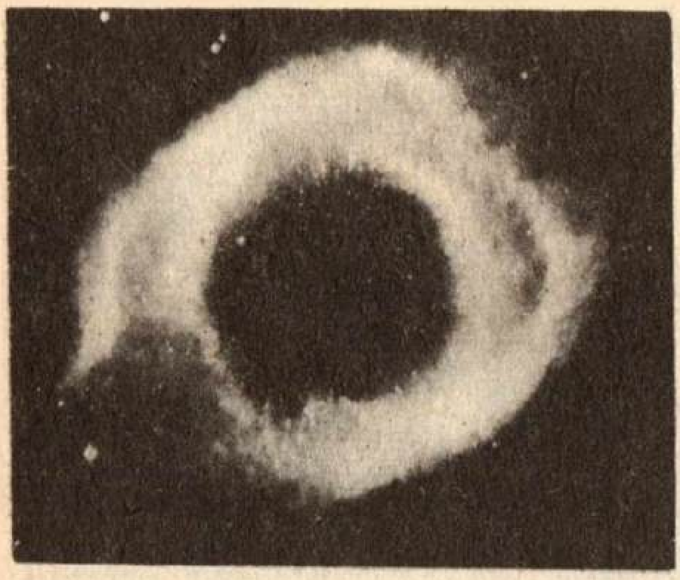
Табигатьләре белән охшаш һәм составлары бердәй диярлек газ-тузан болытлары төрлечә күренәләр. Яктылыкны үтәли үткәрми торган мондый болытлар *караңгы томанлыклар* рәвешендә күзәтеләләр (89 нчы рәсем).

Әгәр зур тузан болыты янында яктыртучанлыгы көчле булган якты гигант йолдыз булса, ул бу болытны яктырта. Тузан болыты, йолдыз нурланышын кире кайтарып, *якты томанлык* булып күренә. Мондый томанлыкның спектры аны яктыртучы йолдыз спектры белән бертөсле була.

Газ-тузан болыты бик эссе (температурасы 20 000—30 000 К нан түбән булмаган) йолдыз тарафыннан яктыртылганда, йолдызның ультрамиләүшә нурланышы, болыттагы водород һәм башка газларны ионлаштырып, аларны яктырырга мәҗбүр итә. Газ ультрамиләүшә нурларны йота, ә спектрның кызыл, һәм башка сызыкларында нурлана. Мондый яктыртучан болытны *диффуз* (чәчелмә) *газ томанлыгы* дип атыйлар. Әгәр эссе йолдыз сүнсә, томанлык та тиз арада яктыртудан туктар иде. Орион йолдызлыгында типик газ-тузан томанлыгы бар (90 нчы рәсем). Аны кышын көчле бинокль аша күрергә була, ләкин аның структурасын фоторәсемгә төшерү юлы белән генә ачыкларга мөмкин.

89. Якты томанлык белән каймаланган «Ат башы» дип аталган караңгы тузан томанлыгы.

90. Орион йолдызлыгындагы чәчелмә газ-тузан томанлыгы.



91. Сукояр йолдызлыгындагы иң зур һәм безгә иң якын планетар томанлык.

Газ-тузаннан һәм сирәкләнгән газдан гына торган чәчелмә томанлыклар шактый күп билгеле. Алар төзек булмаган формадагы төрле кисәкләрдән торалар, һәм аларның аермачык чикләре юк. Газ томанлыклары спектрында водород, кислород һәм башка җиңел газларның ачык сызыклары бар. Кайбер газлар үзенә бертөрле халәттә булалар һәм Җир шартларында беркайчан да күзәтелмәгән спектр бирәләр. Томанлык спектрындагы шундый ачык ике яшел сызыкны томанлыкларда гына очрый торган химик элемент «небулий» («томанлы» дигәнне аңлата) бирә дип уйлаганнар. Ләкин соңрак бу сызыкларның лабораториядә булдырып булмый торган сирәкләнү шартларында яктыра торган һәм ике электронын югалткан кислород атомыныкы булуы ачыкланды. Чыннан да, газ томанлыкларының тыгызлыгы 10^{-18}—10^{-20} кг/м³ чамасы гына.

Билгеле бер үсеш стадиясендә йолдызлар тарафыннан чыгарыла торган яктыртучан газ сүрүе — *планетаара томанлыклар* (күпчелек йолдызлар өчен бу закончалыклы этап булып санала) — томанлыкларның аерым бер төре булып тора (91 нче рәсем). Аларның яктыртучанлыкларының табигате диффуз томанлыкларныкы кебек үк.

1931 елда әлеге дәреслек авторы эволюция процессында йолдызларның яңа буын йолдызлар барлыкка килерлек күләмдә газ массалары атып чыгаруларын исбат итте.

Чәчелмә газ томанлыклары Галактика яссылыгында чама белән бары тиқ 200 пк калынлыгындагы катлау хасил итә. Алар да Галактиканың спираль тармакларына хас булган I типтагы йолдызлар рәтенә керә. Томанлыкларның зурлыгы берничә яки уннарча парсекка җитә, шуның өчен гадәттә аларда берничә йолдыз урнашкан була.

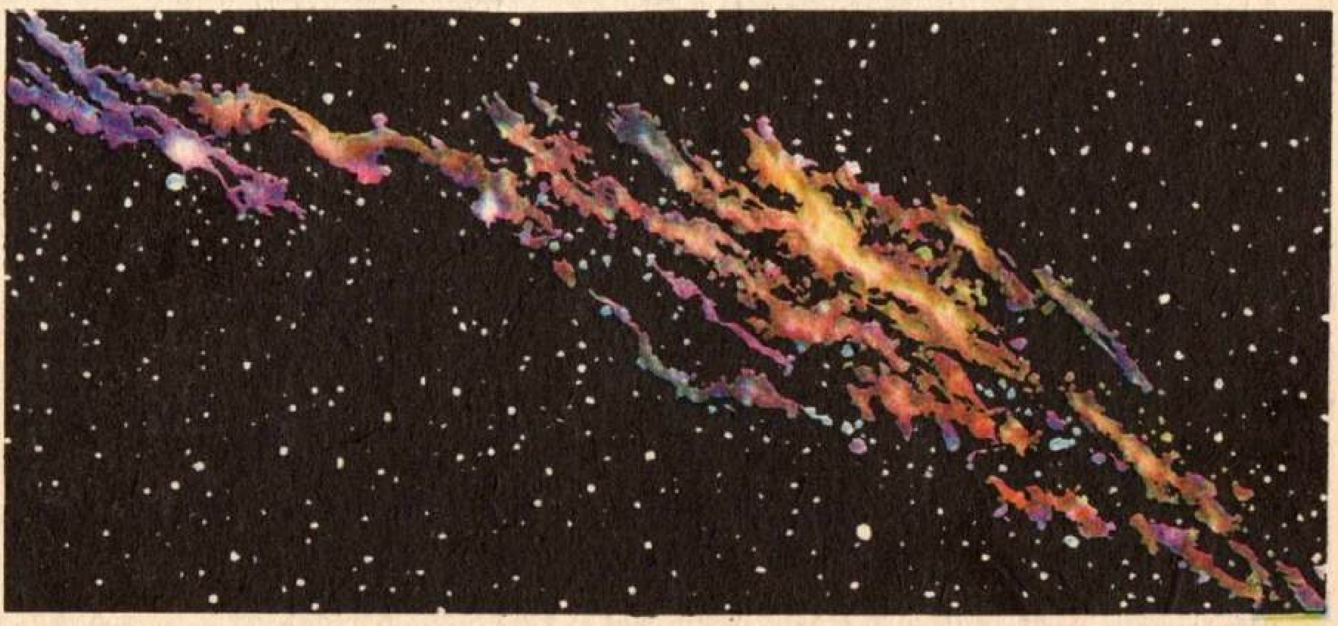
Инфракызыл һәм радиодиапазоннарда алып барыла торган күзәтүләрнен хәзерге техникасы күренмә яктылыкта үтәли кү-

ренми торган газ-тузан болытын тикшерергә һәм шул болытларда бара торган йолдызларның барлыкка килү процессын өйрәнергә мөмкинлек бирә. Орион йолдызлыгындагы газ-тузан комплексы хәзерге вакытта йолдызларның барлыкка килү процессы бара торган безгә иң якын өлкә булып тора.

В. Я. Струве (1793—1864). Рус астрономы. Пулково обсерваториясендә йолдызларның координаталарын зур төгәллек белән үлчәү буенча үткәрелгән эшләрнең җитәкчесе. Дөньяда беренче булып Вега йолдызлыгына кадәр ераклыкны үлчәгән.

2. Йолдызларның барлыкка килүе. Күп кенә фактлар йолдызларның салкын газ-тузан болытларыннан гравитацион куеруы (ягъни кисәкчекләрнең үзара тартылуы) нәтиҗәсендә барлыкка килгән булуын күрсәтә. Иң мөһиме шунда, йолдызларның барлыкка килүе йолдызара тыгызрак һәм салкынрак газның болытлар рәвешендә туплана торган Галактика яссылыгы янында күзәтелә. Барлыкка килә торган йолдызларның (протойолдызларның) тыгызлыклары һәм температуралары зур булмаганлыктан, аның инфракызыл диапазон

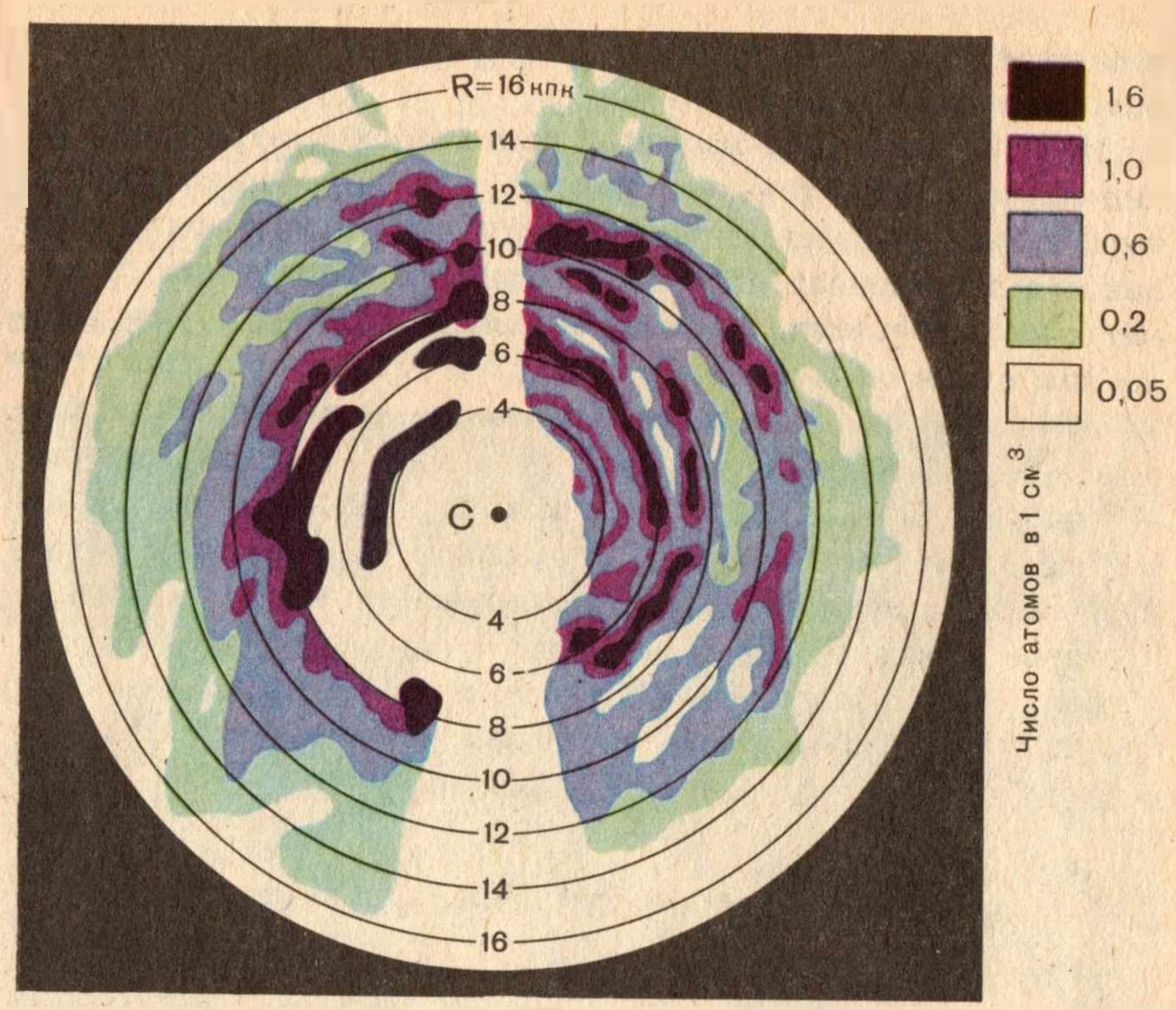
Аккош йолдызлыгындагы Балык ятьмәсе томанлыгы.



озынлыгындагы дулкын таратуы да мөмкин. Йолдыз барлыкка килә торган өлкәләрдә почмакча үлчәмнәре бик кечкенә булган көчле инфракызыл нурланыш чыганаклары табалар. Бу чыганакларның барлыкка килә торган яки әле күптән түгел генә барлыкка килгән һәм үзләре әле генә барлыкка килгән шул тыгыз газ-тузан тирәлеге белән әйләндереп алынган йолдызлар булуы да мөмкин.

Протойолдыз эчке температурасы берничә миллион градуска җиткәнче җылына. Шул вакытта җиңел элементлар катнашы белән җылылык аерып чыгара торган төш реакцияләре башлана. Яшь йолдызларның яктырышы үзгәрү — аларның әле тотрыклы булмаулары билгесе. Җылыну нәтиҗәсендә водородның гелийга әверелүе реакциясе башлана һәм кысылуны туктата. Эчтәге газ басымы белән үзәккә тартылу көче тигезләшә. Йолдыз тотрыклы хәлгә килә һәм яшәү дәвереңең күбрәк өлешендә үзенең үлчәмнәрен һәм яктыртучанлыгын даими диярлек саклый (§ 26 ны кара). Нәкъ менә шундый йолдызлар «төс — яктыртучанлык» диаграммасының төп эзлеклелеген хасил итәләр. Массасы Кояш массасы кадәр булган йолдыз, тыгызланып, 10^8 ел эчендә төп эзлеклелеккә күчкән.

3. Нейтраль водород һәм молекуляр газ. Йолдызара газның радионурланышларын тикшерү алар турында күп мәгълүмат бирә. Якты томанлыклардагы водород янында эссе йолдызлар булганда гына ионлаша һәм яктыра. Ләкин *Галактикадагы водородның төп массасы нейтраль хәлдә.* Космостагы нейтраль водород яктырмый һәм күренми дә. Әмма ул 0,21 м озынлыктагы радиодулкын тарата. Дулкынның әлеге озынлыктагы нурланышының интенсивлыгыннан чыгып, водородның массасын һәм тыгызлыгын исәплиләр, ә факттагы дулкын озынлыгы белән 0,21 м арасындагы аермага карап, Доплер эффекты буенча водород болытының тизлеген табалар. Хәзер инде Галактикада водород бүленешенең гомуми күренеше ачыкланган (92 нче рәсем). Ул күбрәк Галактика яссылыгы янында юка катлау булып урнашкан. Водород болытларын телескоп аша күзәтергә мөмкин булган аерым йолдызлардан да арырак күзәтергә мөмкин. Нейтраль водород болытларының температурасы уртача 100 К тан кимрәк, ә ионлашкан яктыртучы водород болытларының (томанлыкларының) температурасы 10 000 К чамасында. Тыгыз газ болытларында водород атомнары молекулаларга (H_2) берләшәләр. Водородның йолдызара тулы массасы



92. Галактика яссылыгында, аның үзәгеннән төрле ераклыкларда нейтраль водородның бүленеше.

Галактиканың гомуми массасының берничә процентын тәшкил итә, ә космик тузан массасы аңа караганда 100 тапкыр кимрәк. Галактика яссылыгында нейтраль водородның тыгызлыгы уртача 10^{-21} кг/м^3 чамасы.

Йолдызара пространствода водородтан тыш гелий да бар һәм алар белән чагыштырганда азрак микъдарда башка химик элементларның атомнары һәм кайбер гадирәк молекулалары да була. Күп кенә молекулалар радиометодлар (радиодулкыннарның нурланышы һәм йотылуы) нәтиҗәсендә табылды. Алар арасында OH, H_2O, CO, CO_2, NH_3 һәм берникадәр катлаулырак молекулалар бар.

4. Магнит кыры, космик нурлар һәм радионурланыш. Галактикада гомуми магнит кыры бар. Аның индукция сызыклары нигездә Галактика яссылыгына параллель. Алар, бөгелеп, Галактиканың спираль тармаклары буйлап сузыла. Галактика-

ның магнит кыры индукциясе 10^{-10} Тл чамасы, ләкин ул газ болытларында тагын да зуррак.

Иң яңа йолдызлар кабынган чакта, космик нурларны тәшкил итүче җитез атом төшләреннән (нигездә, протоннардан) тыш, яктылык тизлегенә бик якын тизлек белән хәрәкәт итүче бик күп электроннар да чыгарып ташлана. *Галактиканың магнит кыры зур тизлекле электроннарны тоткарлый, бу исә метрлы һәм аннан да озынрак дулкыннарда термик булмаган (синхротрон) радионурланыш китереп чыгара.* Радионурланыш безгә төрле яктан килә, ләкин күчлерәге Киек Каз Юлы өлкәсеннән тарала. Бу радионурланыш космик нурларның тыгызлыгы һәм йолдызара магнит кыры индукциясе иң зур кыйммәтенә ирешкәндә безнең Галактика яссылыгына якында гына йолдызара пространствода барлыкка килә.

Галактикада Киек Каз Юлыннан тыш, радионурланышның башка чыганаклары да бар. Аларның Укчы А дип аталганы безнең Галактиканың үзәгендә урнашкан.

29. БАШКА ЙОЛДЫЗ СИСТЕМАЛАРЫ — ГАЛАКТИКАЛАР

1. Галактикаларның төп характеристикалары. Гершель XVIII гасырда күк йөзендә күренүче меңнәрчә томанлы тапларны (томанлыкларны) ачкан һәм каталогына теркәгән. Соңыннан аларның күбесенең спираль төзелешле булуы ачыкланды.

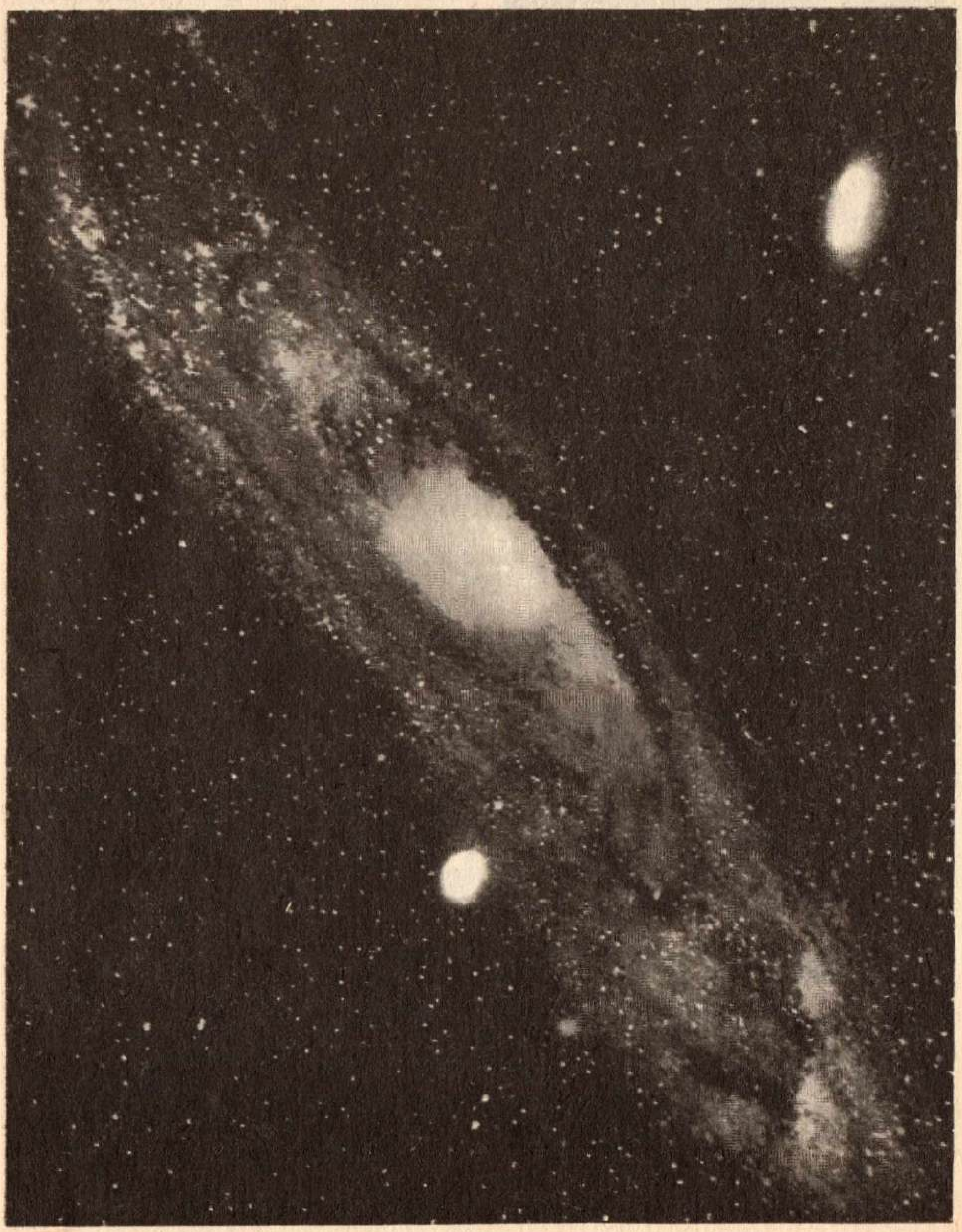
Америка астрономы *Э. Хаббл* (1889—1953) XX гасырда *Андромеда* йолдызлыгындагы томанлыкны фоторәсемгә төшергән. Рәсемдә бу томанлы тапның бик күп йолдызлардан торганлыгы күренә (93 нче рәсем). Хаббл томанлыкта таркау, шарсыман тупланышлар, яңа йолдызлар һәм цефеидлар барлыгын белгән. Бу цефеидларның үзгәрү периодларын һәм күренмә йолдызча зурлыкларын табып, ул аларның барысының да безнең Галактикадан бик еракта урнашкан булуларын ачыклаган. Бу томанлыкка кадәр ераклыкны һәм аның почмакча диаметрын белеп, аны сызыкча берәмлекләр белән исәпләп чыгаруы җиңел (§ 12. 4, 34 нче рәсемне кара).

Андромеда йолдызлыгындагы спираль томанлык, безнең Галактика кебек үк, гаять зур йолдыз системасы икән. Без хәзер аңа кадәр ераклыкның 2 миллион яктылык елына тигез икәнен беләбез. Анда, безнең Галактикадагы кебек үк, газ-тузан томанлыклары бар. Андромеда йолдызлыгындагы галактика

күрү нурына зур почмак ясап борылганлыктан, аның формасы сузынкы. *Өчпочмак* йолдызлыгындагы галактика да спираль формасында, ләкин күрү нурына азрак авышкан, шуңа күрә аның телескоптагы күренеше дә башкачарак (94 нче рәсем).

Астрономнар безнең Галактикадан читтә дә гаять зур

93. Андромеда йолдызлыгындагы M31 спираль галактикасы һәм аның иярчене — кечкенә эллиптик галактика (уңда).



94. Өчпочмак йолдызлыгында яссы ягы белән диярлек күренүче M33 галактикасы. Аның спираль тармакларындагы иң якты йолдызлары M31 неке белән чагыштырганда бик үк тыгыз түгел һәм шунлыктан яхшырак күренә.

йолдыз системалары таптылар. Һәм, безнең Галактикадан аермалы буларак, галактикалар дигән күмәклек исеме бирделәр.

Ераклыклары иң якты йолдызларының күренмә яктырышы буенча табылган галактикаларның спектрында сызыкларның кызылга таба тайпылуын Хаббл ачыклаган. *Бу тайпылу галактиканың ераклыгына пропорциональ рәвештә арта* (95 нче рәсем). Доплер эффекты буенча (§ 14.3 не кара) кызылга тайпылу яктылык чыганагының күзәтүчедән ераклашуын белдерә. Ераклашу тизлеге тайпылу зурлыгына, димәк, ераклыкка да пропорциональ. Галактикаларга кадәр ераклык D белән тизлек v арасында күзәтелә торган пропорциональлек Хаббл законы дип йөртелә: $v = HD$

Пропорциональлек коэффициенты H ны Хаббл константасы дип атыйлар. Хаббл константасының зурлыгы[1] якынча 100 $\frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}}$, ягъни һәр миллион парсек саен ераклашу тизлеге 100 км/с ка арта. Шуңа күрә ерак галактикаларга кадәр ераклыкны аның спектрындагы сызыкларның кызылга тайпылу зурлыгы буенча билгеләргә мөмкин:

$$D = \frac{v}{H},$$

монда v — кызылга тайпылудан чыгып билгеләнгән тизлек. Мәсәлән, әгәр спектр сызыгы тайпылышына 10 000 км/с туры килә икән, ул вакытта галактикага кадәр ераклык 100 Мпк. Бу

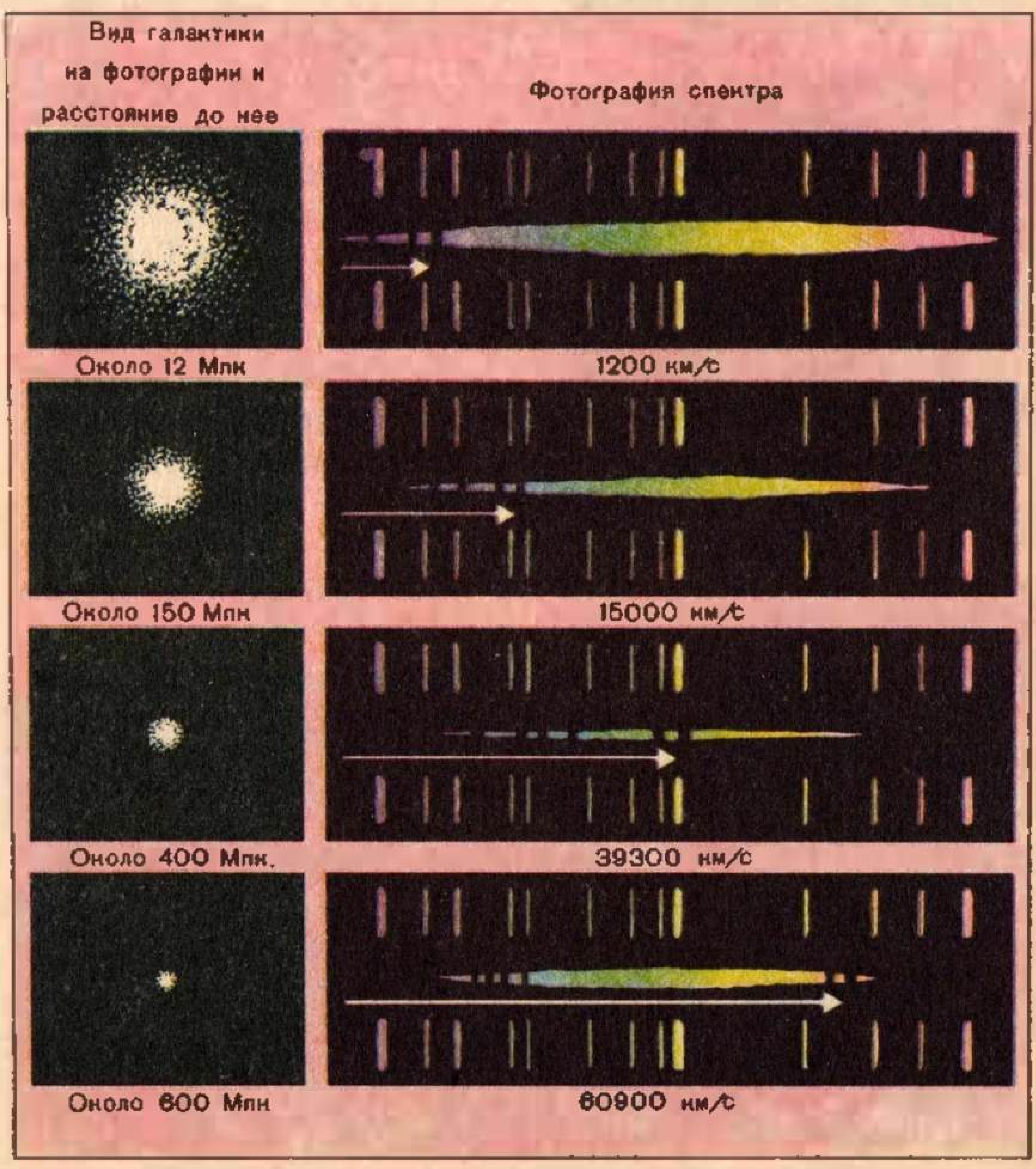
---

[1] Бу зурлыкның төгәл кыйммәте һәрвакыт тикшерелеп тора.

ысул ерак галактикалардагы цефеидлар яки хәтта иң якты супергигантлар да күренмәгән очракларда кулланыла.

Үзләренең тышкы күренешләре буенча галактикалар *спираль, төзек булмаган* һәм *эллиптик* формадагы галактикаларга бүленәләр. Күзәтелә торган галактикаларның күпчелеге спираль галактикалар. Безнең Галактика һәм Андро-

95. Галактикалар никадәр ераграк торса, аларның спектрларындагы кызылга тайпылу шулкадәр зуррак була (спектрның фоторәсемендә ионлашкан кальцийның бары тик ике топ йотылу сызыгы күренә). Спектрның киңлеге галактиканың күренмә үлчәменә һәм яктылык дәрәҗәсенә бәйле. Якты сызыклар — Җирдәге яктылык чыганагының спектры.



96. Яннан күренүче спираль галактика; аның төшен бездән яшереп каплап торучы караңгы тузан томанлыклар сузылган.

меда йолдызлыгындагы галактика бик зур үлчәмле спираль галактикалардан санала. Спираль галактикаларның бөтенесе дә берничә йөз миллион еллык период белән әйләнә. Аларның массалары 10^9—10^{11} Кояш массасы кадәр.

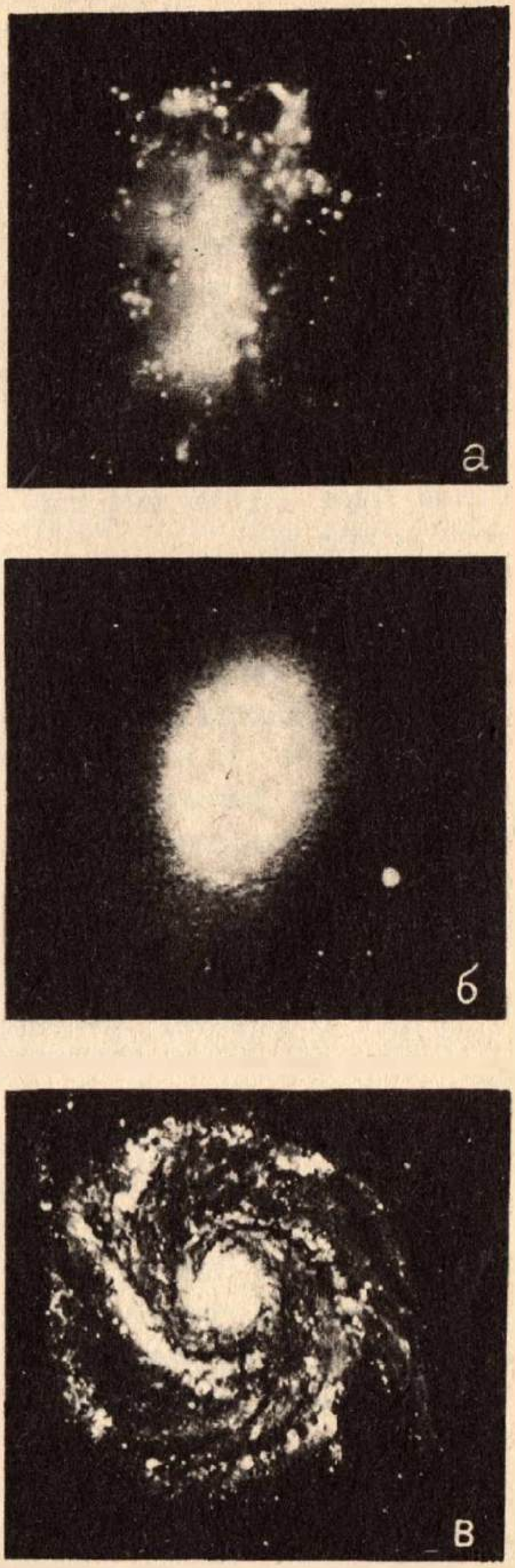
Спираль галактикаларның тармаклары, безнең Галактикадагы кебек үк, эссе йолдызлардан, цефеидлардан, супергигантлардан, таркау йолдыз тупланышларыннан һәм газ томанлыкларыннан тора. Галактикалар радиодулкыннар тараталар. Радионурланыш дулкын озынлыгы 21 см булган нейтраль водородтан һәм якты томанлыклардагы ионлашкан кызган водородтан тарала.

97. Зур Магеллан Болыты — безгә иң якын галактика. Төзек булмаган галактикалар тибына керә.

Галактикалар массасының 10% ка кадәрен нейтраль водород тәшкил итә. Галактикаларда тузан да бар. Аларның безгә яны белән борылганнарында, һәм шуңа күрә орчык яки ясмык рәвешендә күренә торган галактикаларда бу бигрәк тә яхшы күренә (96 нчы рәсем). Аларның галактика яссылыгы буйлап караңгы полоса — тузан томанлыклары тупланышы сузыла.

XVI йөздә Магеллан экспедициясе вакытында күк йөзенең көньяк ярымшарында күзәтелгән ике зур йолдызлар болытын *Зур* һәм *Кече Магеллан Болытлары* дип атаганнар (97 нче рәсем). Боларны, тышкы күренешләренә карап, төзек булмаган галактикалар тибына кертәләр. Алар безнең Галактиканың иярченнәре. Аларга кадәр ераклык 150 000 яктылык елы чамасы. Алардагы йолдызларның составы спираль галактикаларның тармакларындагы кебек үк, ә төшләре юк. Төзек булмаган галактикалар спираль галактикаларга караганда азрак һәм алар сирәк очрый (98 нче рәсем, *а*).

Эллиптик галактикалар ешрак күзәтелә. Күренешләре буенча алар шарсыман йолдыз тупланышларына охшаган, ләкин үлчәнешләре буенча



98. Галактикаларның төп төрләре (фоторәсемнәрнең масштаблары төрле): а — төзек булмаган; б — эллиптик; в — спираль.

алардан шактый зур (98 нче рәсем, б). Алар бик әкрен әйләнәләр һәм, тиз әйләнүче спираль галактикаларга капма-каршы буларак, яньчелмәгән диярлек (98 нче рәсем, в). Эллиптик галактикаларда супергигант йолдызлар да, караңгы һәм якты чәчелмә томанлыклар да юк.

Галактикаларның яктыртучанлыгы төрле.

Гигант галактикаларның абсолют йолдызча зурлыклары — 21 гә якын. Абсолют йолдызча зурлыклары — 13 кә тигез булган һәм мең мәртәбәләр тоныграк кәрлә галактикалар да бар.

Академик В. А. Амбарцумян беренче буларак күп кенә спираль һәм эллиптик галактикаларның үзәк өлкәләрендә — аларның төшләрендә — гаять зур микъдарда энергия бүленеп чыгу белән бара торган шартлау рәвешендәге күренешләр булып торуын әйткән.

Кайбер галактика төшләрендәге көчле Рентген нурланышы — аларның зур активлыгын күрсәтүче иң мөһим раслау.

В. А. Амбарцумян шулай ук галактикалар ниндидер чиктән тыш тыгыз «йолдызгача матдә»дән барлыкка килгәндер дигән фикер әйткән. Аның фикеренчә, ул үзлегеннән ваклана һәм галактикалар барлыкка китерә. Аларның төшләре тагын да вакланып «йолдызгача» җисемнәр ассоциацияләрен хасил итә, ә болары, үз чиратында вакланып, йолдызларны да, чәчелмә материяне дә хасил итәләр. Радионурланыш таратучы һәм зур микъдарда газ чыгарып торучы актив төшле галактикалар бу фараз буенча яшь галактикалар дип исәпләнә.

Ләкин күпчеклек галимнәр йолдызлар һәм галактикалар Метагалактиканың водородлы-гелийлы тирәлегенең аерым болытларга таркалу нәтиҗәсендә барлыкка килгән дигән җентекләбрәк эшләнгән гипотезаны яклый. Аннары бу болытлар тартылу көче тәэсирендә болыт булып тыгызланган. Шарсыман тупланышларда һәм эллиптик галактикаларда йолдызларның барлыкка килү процессы күптән тәмамланган. Аларның йолдызлары иң карт йолдызлар булып исәпләнә. Спираль һәм төзек булмаган галактикаларда йолдызлар барлыкка килү дәвам итә.

МӘСЬӘЛӘ ЧИШҮ ҮРНӘГЕ

Мәсьәлә. Спектрындагы сызыкларның кызылга таба тайпылуы 2000 км/с тизлеккә тиңдәш булган галактикада иң яңа йолдыз кабынган. Аның максимумдагы яктырышы 18 нче күренмә йолдызча зурлыкка туры килә. Аның абсолют йолдызча зурлыгы һәм яктыртучанлыгы нинди булыр?

Бирелгән:

$v = 2000$ км/с

$H = 100$ км/ (с·Мпк)

$m = 18$

M — ? L — ?

Чишү.

$L = 2{,}512^{5-M}$, яки $\lg L = 0{,}4\,(5 - M)$.

$M = m + 5 - 5\lg D$.

$D = \frac{v}{H}$

$$D = \frac{2000 \text{ км/с}}{100 \text{ км/ (с·Мпк)}} = 20 \text{ Мпк} = 2\cdot10^7 \text{ пк}.$$

$M = 18 + 5 - 5\lg 2\cdot10^7 = -13{,}5$.

$\lg L = 0{,}4\,(5 - (-13{,}5)) = 7{,}4$, моннан $L = 2{,}5\cdot10^7$.

Җавап: $M = -13{,}5$; $L = 2{,}5\cdot10^7$.

26 НЧЫ КҮНЕГҮ

1. Ерак галактиканың спектр сызыклары бездән 15 000 км/с тизлек белән ераклашуга тиндәш зурлыкка авышкан. Аңа кадәр ераклык күпмегә тигез? Әгәр ул 20″ диаметрлы тап булып күренсә, аның үлчәме нинди булыр?
2. Галактикада күренмә йолдызча зурлыгы +18, ә абсолют йолдызча зурлыгы −7 гә тигез булган яңа йолдыз табылган булса, аның галактикадан ераклыгы күпме һәм ул бездән нинди тизлек белән ераклаша?

14 НЧЕ БИРЕМ

1. Спираль галактиканың күрү нурына авышлык почмагын фоторәсеме буенча табыгыз (93 нче рәсем).
2. Спектрларындагы кызылга тайпылуы 10 000 км/с, ә галактиканың күренмә диаметры 2′ булса, пространствода күк йөзенә проекциясендә иң яңа йолдыз галактика үзегеннән (79 нчы рәсем) нинди ераклыкта ятар (парсекларда)?

2. Радиогалактикалар һәм квазарлар. Кайбер галактикалар бик җитез электроннар магнит кыры белән тәэсир итешкәндә барлыкка килгән көчле синхротрон радионурланыш таратулары белән аерылып торалар. Аларны радиогалактикалар дип атыйлар. Еш кына ул галактиканың ике ягына урнашкан ике радионурланыш чыганагыннан тора. Алар актив галактика төшләренең көчле матдә агышын капма-каршы якка чыгарып ташлау нәтиҗәсе булып тора.

Кайбер радиочыганаклар урынында фоторәсемдә бик тонык йолдызлардан берни белән дә аерылмый торган объектлар таптылар. Ләкин нурланышларның үзенчәлекләре бу объектларның йолдыз була алмауларын күрсәттеләр. Аларның спектрында кызыл якка шактый тайпылган якты сызыклар бар. Кайбер

очракларда болар спектрның күренмә өлешенә авышкан ультрамиләүшә өлештәге сызыклар булып чыга. Бу объектларның кызылга тайпылулары бик зур, аңа миллиардларча яктылык елы кадәр ераклык туры килә. Радионурланышның **квази-йолдыз** (йолдызсыман) чыганаклары яки **квазарлар** дип аталган әлеге объектлар — аларга кадәр араны үлчәргә мөмкин булган иң ерак күк җисемнәре. Квазарларның иң яктысы 13 нче йолдызча зурлыктагы йолдыз кебек күренә, ләкин яктыртучанлыклары ягыннан *квазарлар гигант галактикаларга караганда йөзләрчә мәртәбә яктырак.* Квазарлардан яктылык һәм радиодулкыннар рәвешендә чыга торган гаять зур энергия агышларының ничек барлыкка килүе сер булып кала. Күзәтүләр күрсәткәнчә, үзләренең табигате буенча квазарлар галактикаларның актив төшләренә охшаш һәм аларның бик ерак йолдыз системаларының төшләре булуы да ихтимал.

30. ДӨНЬЯНЫҢ МАТЕРИАЛИСТИК КАРТИНАСЫ

3. Метагалактика һәм космология. *Галактикалар,* йолдызлар кебек үк, *куш, кабатлы* булалар, *группалар һәм тупланышлар хасил итәләр.* Күпчелек галактикалар тупланышларда җыйналган. Галактика тупланышлары, йолдыз тупланышлары кебек үк, таркау һәм шарсыман була һәм унар, кайвакыт меңәр галактикадан тора. Безгә иң якын галактикалар тупланышы Кыз йолдызлыгында (99 нчы рәсем) 20 млн. пк (20 Мпк) чамасы ераклыкта урнашкан.

Иң зур каталогка (ул СССРда төзелгән) 15 нче йолдызча зурлыктан яктырак 30 000 галактика кергән. Көчле телескоплар ярәмендә 22—23 нче йолдызча зурлыкка кадәр күп йөзләрчә миллион галактиканы рәсемгә төшереп алырга мөмкин.

Аларның бездән берничә миллиард яктылык елы кадәр ераклыкта торганнарын тоныкйолдызлардан көч-хәл белән генә аерып була.

Соңгы елларда галактикаларның һәм аларның тупланышларының пространствода таралып урнашуында билгеле бер закончалык — күзәнәкле-кәрәзле структура күзәтелә. Күп санлы галактикалардан торган бу күзәнәкләрнең стеналары 3—4 Мпк калынлыкта, ә күзәнәкләрнең үлчәмнәре 100 Мпк чамасы. Галактикаларның зур тупланышлары бу күзәнәкләрнең узелларын төзиләр.

Без күзәтә торган барлык галактикалар һәм галактика тупланышларының бөтен системасы Метагалактика дип атала. Метагалактика — чиксез Галәмнең бер өлеше ул.

Метагалактикада Хабблның кызылга тайпылу законы гамәлдә була һәм бу тайпылуның чыннан да галактикаларның хәрәкәт үзенчәлекләрен, алар арасындагы ераклыкның өзлексез артуын чагылдыруы ачыкланган. Бу — галактикалар бездән (һәм бер-берсеннән) бөтен якка да ерагаялар һәм алар бездән ераклашкан саен тизрәк хәрәкәт итәләр дигән сүз. Бу процесс Галәмнең күзәтергә мөмкин булган барлык өлешен, ә бәлки Галәмне тулысынча да үз эченә ала торгандыр һәм шуңа күрә аны *«Галәмнең киңәюе»* дип йөртәләр. Моны совет галиме *А. А. Фридман* (1888—1925), үзенең теоретик хезмәтләрендә *А. Эйнштейнның* (1879—1955) гомуми чагыштырмалылык теориясенә таянып, беренче буларак аңлаткан. Бу Хаббл законы ачылганга кадәр берничә ел элек була.

Галәмне тулаем бер бөтен, ә Метагалактиканы чиксез Галәмнең бер өлеше дип карап өйрәнә торган фән космология дип атала. Космологиядәге теорияләрнең күбесе бөтендөнья тартылу теориясенә, элементар кисәкчекләр физикасына, гомуми чагыштырмалылык теориясенә һәм башка фундаменталь

99. Кыз йолдызлыгындагы галактикалар тупланышының бер өлеше.

физик теорияләргә һәм, әлбәттә, астрономик күзәтүләргә дә таяна. Космологиядә модель төзү алымын киң кулланалар. Галимнәр Галәмнең теоретик моделен төзиләр, күзәтүләр нигезендә теоретик нәтиҗәләрнең дөреслеген тикшеру мөмкинлекләрен эзлиләр. ЭВМ куллану кирәкле хисап эшләрен башкарырга мөмкинлек бирде. Атап әйткәндә, мондый хисаплаулар Галәмдә хәзерге эпохада күзәтелә торган структура — башлангыч чорда бериш булган тирәлекнең гравитация көчләре тәэсирендә миллиард еллар дәвамында кичергән үзгәреш нәтиҗәсе булуы ихтимал икәнен күрсәттеләр. Реаль Галәмне Галәмнең киңәюе модельләре ярдәмендә яхшы аңлатып бирергә мөмкин булды. Галәмнең киңәюе галактикаларның элек хәзергегә караганда бер-берсенә якынрак торулары турында сөйли, ә 10—15 млрд. еллар элек Галәмдә материянең уртача тыгызлыгы шулкадәр зур, температурасы бик югары булган ки, матдәләр анда элементар кисәкчекләр рәвешендә генә була алганнар. Киңәю процессында химик элементлар хасил була һәм әкренләп галактикалар, йолдызлар һәм башка объектлар барлыкка килә башлаган. Галәмнең киңәюе теориясе йолдызларда күзәтелә торган водород белән гелийның чагыштырмасын аңлатырга мөмкинлек бирә. Әле галактикалар яралганга кадәр үк миллиард еллар элек эссе газ тараткан нурланыш безгә зур ераклыклардан хәзергә кадәр килә. Шуңа күрә ул *реликтик* дип аталган. Аның барлыгы, күзәтүләр нигезендә беленгәнгә кадәр күп элек, теориядән чыгып әйтелгән була. Реликтик нурланыш энергиясе бик кыска (миллиметрлы) радиодулкыннар өлкәсендә максималь. Әлеге нурланыш күк йөзенең барлык юнәлешләреннән дә бертигез килә. Бу нурланышны радиотелескоплар ярдәмендә кабул итеп, без Галәмнең киңәя башлаган башлангыч чорында, аның уртача тыгызлыгы хәзергесенә караганда йөзләрчә миллион тапкыр зуррак булган чордагы матдәләрнең физик үзлекләре турында мәгълүмат алабыз. Реликтик нурланышны ачу теориянең башлангыч чорда матдә эссе һәм тигез таралган булган дигән нәтиҗәләренең дөреслеген раслады.

Киңәя башлаганга кадәр беренче этапларда Галәм нинди булган, киләчәктә киңәю кысылуга күчәчәкме — бу бик катлаулы мәсьәлә, галимнәр хәзер шул мәсьәләне ачыклау өстендә эшлиләр.

Идеалистлар һәм дин белгечләре табигатьтәге әлеге күре-

нешләрнең өйрәнелмәгән булуыннан файдаланырга ашыгалар. Алар Галәмнең кинәя башлавы табигатьтән өстен көч, «алла тарафыннан башкарылган эш» дип дингә кулай нәтиҗә ясарга тырышалар. Бу — бернигә дә нигезләнмәгән уйдырма. Ул материализм дошманнарына, дөньяның барлыкка килүе турында Тәүратта язылган легенда, янәсе, фәнни, дип раслау өчен кирәк. Ләкин Метагалактиканың үсеш процессында күзәтелә торган гаять күп төрле сыйфат үзгәрешләре вакытында энергия саклану законы бозылмый һәм табигатьтән берниндн дә өстен көчләр таләп ителми. Безнең Метагалактиканың үсеш законнарын ачу — кеше акылының гаять зур җиңүе. Бу казаныш кешенең галәм киңлекләренә, аның ерак үткәненә тирән үтеп керүен күрсәтә һәм кешенең дөньяны танып белү мөмкинлекләренең чикләнгәнлеге турындагы мифны юкка чыгара.

Табигатьтә булган бөтен күренешләрне алла кодрәте белән эшләнә һәм табигатьне танып белеп булмый дип өйрәтүче дингә капма-каршы буларак, догма яки сукырларча ышануга түгел, ә тупланган мәгълүматларга таянып, фән Галәмне торган саен тирәнрәк өйрәнә. Фән билгеле булганнар һәм фараз ителгәннәр, фараз ителгәннәр һәм билгесез булган нәрсәләр арасына катгый чик куя. Фәннең көче — аның алга таба хәрәкәт итүендә. Ул фараз ителгәнне төгәл билгеләнгәннәр белән, ә билгесезләрен фаразлар белән әкренләп алмаштыра бара. Фән моның белән табигатьне иксез-чиксез танып белү мөмкинлеген даими рәвештә исбат итә.

Материалистик фән дөньяның башлануы һәм Галәмнең барлыкка килүе турындагы сорауны мәгънәсез дип исәпли. Кешелек дөньясының бөтен тәҗрибәсе материянең юктан бар булмавын һәм бардан юкка чыкмавын күрсәтә. Ул бары тик үзенең яшәү формасын гына үзгәртә. Галәмдә органик матдәләрнең генә түгел, неорганик матдәләрнең дә өзлексез үсеше һәм үзгәреше бара. Бу инде үтелгән этапның гади кабатлануы гына түгел, бәлки мәңгелек әйләнеше. Галәм турындагы хәзерге күзаллаулар табигать турындагы барлык фәннәр җыелмасына гына түгел, бәлки философиягә дә таяна.

Галәм вакыт ягыннан чикләнмәгән, ягъни мәңгелек һәм мәңге үзгәручән. Галәмнең бервакытта да башлангычы булмаган һәм беркайчан да ахыры булмаячак, ул һәрвакыт булган һәм булачак. Болар барысы да бөтен Галәмгә, төгәлрәк әйткәндә, аны тәшкил итүче материягә кагыла. Галәмнең аерым өлешләре

исә, мәсәлән Җир, Кояш системасы, йолдызлар һәм хәтта йолдыз системалары — галактикалар да барлыкка килеп торалар, үсешнең озын юлын үтәләр һәм, ниһаять, аларны төзүче материя икенче яңа форманы алгач, яшәүләреннән туктыйлар. Безне чолгап алган Галәм дә әкрен генә үзгәреп тора. Мәсәлән, галактикалар арасында бара торган ераклык үзгәреше дә шул турыда сөйли.

Гомерләре беткән дөньялар урынына яңалары барлыкка килә. Вакыт узу белән аларда тереклек башланып китү һәм әкренләп катлаулану юлы белән тереклекнең иң югары формасы — акыллы затлар килеп чыгуы мөмкин.

Хәзерге вакытта без күпме йолдызның планетасы булуын (хәзергә башка йолдызларның планеталары ачылмаган) һәм аларның ничәсендә тереклек барлыкка килә алуын һәм кайда тереклек башка цивилизацияләр белән радио буенча хәбәрләшә алырлык акыллы затлар техника булдыра алуы турында якынча гына да әйтә алмыйбыз. Без планета системабызның үзәк җисеме — Кояшның гадәти йолдыз икәнен беләбез. Кояш та, Җир дә, Кояш системасының башка членнары да төрле ераклыкларда күзәтелә торган башка күк җисемнәрендә дә булган химик элементлардан ук торалар, һәм физиканың шул ук законнарына буйсыналар. Шуңа күрә кайчандыр Җирдә тереклек туугa китергән шартлар Галәмнең башка өлкәләрендә дә тереклекнең башлануына китергән булырга тиеш, хәтта бу бик сирәк очрый торган шартлар белән бәйле булса да. Тереклек чыганакларының, бигрәк тә акыллы затлар тереклегенең, берберсеннән бик ерак урнашкан булуы мөмкин, бу аларны эзләүне тагын да кыенлаштыра. Фән һәм техниканың үсеше киләчәктә Галәмдә тереклекнең ничек урнашуы мәсьәләсенә ачыклык кертер, һәм башка цивилизацияләр белән бәйләнеш урнаштыруы да бик мөмкин.

Җирдәге цивилизациянең бердәнбер булу мөмкинлеге кешелекнең дөньяда тынычлык булдыру һәм үсешне дәвам итү ниятендә планетабызның табигатен һәм аңардагы тормышны саклап калудагы җаваплылыгын тагын да арттыра.

КУШЫМТАЛАР

1. Астрономиядә очрый торган иң әһәмиятле зурлыкларның якынча алынган санча кыйммәтләре (истә калдыру өчен)

Кояшның һәм Айның почмакча күренмә диаметры	$\frac{1^\circ}{2}$
Эклиптиканың экваторга авышлыгы . .	$23\frac{1^\circ}{2}$
Язгы көн-төн тигезлеге	21 март тирәсендә
Җәйге Кояш торгынлыгы	22 июнь »
Көзге көн-төн тигезлеге	23 сентябрь »
Кышкы Кояш торгынлыгы	22 декабрь »
Елның дәвамлылыгы	365 тәүл 5 сәг 49 мин
Синодик айның дәвамлылыгы (Айның бердәй ике фазасы арасында узган вакыт)	$29\frac{1}{2}$ тәүлек
Йолдызча (сидерик) айның дәвамлылыгы (Айның Җир тирәли әйләнү периоды) . . .	$27\frac{1}{3}$ тәүлек
Җирнең уртача радиусы	6370 км
Җирнең экваториаль һәм поляр радиуслары арасындагы аерма	21 км
Ай диаметры (Җир диаметры белән чагыштырганда)	$\frac{1}{4}$
Кояш диаметры (Җир диаметры белән чагыштырганда)	109 Җир диаметры
Иң зур планетаның (Юпитерның) диаметры	11 Җир диаметры
Планета әйләнеп йөрү периодының иң кыскасы (Меркурийныкы)	3 ай (88 тәүл)
Планета әйләнеп йөрү периодының иң дәвамлысы (Плутонныкы)	250 ел
Кояш массасы (Җир массасы белән чагыштырганда)	330 000 Җир массасы
Кояш өслегенең температурасы	6000 K
Кояш таплары саны үзгәрүнең уртача периоды .	11 ел
Айның Җирдән уртача ераклыгы	384 000 км
Җирнең Кояштан уртача ераклыгы яки 1 астрономик берәмлек	150 000 000 км
Кояшка иң якын планетаның (Меркурийның) Кояштан ераклыгы (Җирнең Кояштан ераклыгы белән чагыштырганда)	0,4 а. б.

Иң ерак планетаның (Плутонның) Кояштан уртача ераклыгы	40 а. б.
1 парсек	206 265 а. б. яки $3\frac{1}{4}$ яктылык елы
Иң якын йолдызның (Центавр α сының) Кояш системасыннан ераклыгы	4 яктылык елы яки $1\frac{1}{3}$ парсек, яки 270 000 а. б.
Гади күзгә күренә торган йолдызлар . . .	6000 чамасы
Йолдызларның температурасы	3000 К тан (кызыл йолдызлар) 30 000 К ка кадәр (зәңгәрсу йолдызлар)
Җир кабыгының яше	5 миллиард ел чамасы
Кояшның яше	6 миллиард ел чамасы
Безнең йолдыз системасының — Галактиканың аркылысы	100 000 яктылык елы
Иң якын спираль йолдыз системасының — галактиканың ераклыгы (Андромеда йолдызлыгында).	2 000 000 яктылык елы

II. Грек алфавиты

α — альфа	η — эта	ν — ни (ню)	τ — тау
β — бета	θ — тэта	ξ — кси	υ — ипсилон
γ — гамма	ι — йота	ο — омикрон	φ — фи
δ — дельта	κ — каппа	π — пи	χ — хи
ε — эпсилон	λ — ламбда	ρ — ро	ψ — пси
ζ — дзета	μ — ми (мю)	σ — сигма	ω — омега

III. Якты йолдызларның иң күп кулланыла торган исемнәре

Алголь	— Персей β сы	Кастор	— Игезәкләр α сы
Альдебаран	— Үгез бозау α сы	Мицар	— Зур җидегән ζ сы
Альтаир	— Каракош α сы	Поллукс	— Игезәкләр β сы
Антарес	— Чаян α сы	Казык йолдыз	— Кече җидегән α сы
Арктур	— Үгез Көтүче α сы	Процион	— Кечкенә Эт α сы
Беллятрикс	— Орион γ сы	Регул	— Арслан α сы
Бетельгейзе	— Орион α сы	Ригель	— Орион β сы
Вега	— Лира α сы	Сириус	— Зур Эт α сы
Денеб	— Аккош α сы	Спика	— Кыз α сы
Капелла	— Йөкче α сы	Фомальгаут	— Көньяк Балыгы α сы

IV. СССРда күренә торган кайбер якты йолдызлар исемлеге

O, B — зәңгәр йолдызлар, A — ак, F — саргылт, G — сары, K — кызыл-сары, M — кызыл йолдызлар.

Йолдызлар	Йолдызча зурлык	Туры күтәрелеш (α)		Авышу δ		Спектр классы**	Температура	Ераклык (парсеклар белән)
	m	сәг	мин	°	′		10^3 K	
Үгез бозау α сы	1,06	4	33,0	+16	25	K	3,5	20,8
Орион β сы	0,34	5	12,1	− 8	15	B	12,8	330
Йөкче α сы	0,21	5	13,0	+45	57	G	5,2	13,7
Орион α сы	0,92*	5	52,5	+ 7	24	M	3,1	200
Зур Эт α сы	−1,58	6	42,9	−16	39	A	16,8	2,7
Игезәкләр α сы	1,99	7	31,4	+32	00	A	10,4	13
Кечкенә Эт α сы	0,48	7	36,7	+ 5	21	F	6,9	3,5
Игезәкләр β сы	1,21	7	42,3	+28	09	K	4,6	10,7
Арыслаң α сы	1,34	10	05,7	+12	13	A	13,2	25,6
Кыз α сы	1,21	13	22,6	−10	54	B	16,8	47,7
Үгез Көтүчесе α сы	0,24	14	13,4	+19	27	K	4,1	11,1
Чаян α сы	1,22*	16	26,3	−26	19	M	5,1	52,5
Лира α сы	0,14	18	35,2	+38	41	A	10,6	8,1
Каракош α сы	0,89	19	48,3	+ 8	44	F	8,4	5,0
Аккош α сы	1,33	20	39,7	+45	06	A	9,8	290
Көньяк Балыгы α сы	1,28	22	54,9	−29	53	A	9,8	7,0

* Бераз үзенең яктырышын үзгәртә.

** Чама белән классификацияләнгән.

V. Кояш системасының таблицасы

	Әйләнүнең йолдызча периоды, еллар	Әйләнүнең синодик периоды, тәүлекләр	Кояштан уртача ераклыгы		Орбитаның эклиптикага авышлыгы	Массасы (Җир массасында)
			астр. бер.	млн. км		
Меркурий	0,241[1]	116	0,387	58	7°00′	0,06
Венера	0,615[2]	584	0,723	108	3 24	0,82
Җир	1,000	—	1,000	150	—	1,00
Марс	1,881	780	1,524	228	1 51	0,11
Юпитер	11,86	399	5,203	778	1 18	318
Сатурн	29,46	378	9,539	1426	2 29	95,1
Уран	84,01	370	19,18	2869	0 46	14,5
Нептун	164,8	368	30,06	4496	1 46	17,3
Плутон	247,7	367	39,44	5900	17 08	0,002:
Кояш	—	—	—	—	—	330 000

[1] Яки 88 тәүлек.
[2] Яки 225 тәүлек.

VI. Күзәтүләргә карата күрсәтмәләр

Астрономияне уңышлы өйрәнү өчен, һәр укучының күк йөзендәге төп күренешләрне күзәтүе бик мөһим. Күзәтүләрне, бирелгән урынның һава шартларын исәпкә алып, аяз, болытсыз көнне үткәрү яхшырак. Илебезнең Европа территориясенең урта полосасында күзәтүләрне сентябрь һәм октябрь айларында мөмкин кадәр күбрәк үткәрергә тырышырга кирәк, чөнки бу айларда аяз кичләр күбрәк һәм артык салкын да булмый. Ноябрьдә һәм кышын аяз көннәр бик сирәк була, шулай ук салкыннар да күзәтүне кыенлаштыра. Марттан башлап, көннәр күбрәк аяз тора, ләкин караңгы көннән-көн соңрак төшә.

Моннан тыш, шуны да истә тотарга кирәк, кайбер астрономик күренешләрне безгә җайлы вакытта күзәтеп булмый, аларны булган моментларында күзәтергә кирәк, ул я төнлә, я иртән генә була, ә тотылулар, гомумән, сирәк очрак. Шуңа күрә һәр мөмкинлектән файдаланырга кирәк.

Теге яки бу күренешләрне күзәтү вакытын һәм аларның күренүчәнлек шартларын «Астрономиядән мәктәп календаре»н һәм йолдызлы күкнең күчмә картасын файдаланып билгеләргә мөмкин.

Күзәтүләрне фонарь һәм өй тәрәзәләреннән яктылык төшмәгән һәм яхшы күренә торган бер үк урында (бигрәк тә күкнең көньяк өлешендә) алып барырга киңәш ителә. Компас, Кояш һәм Казык йолдыз буенча гори-

Уртача тыгызлыгы, 10^3 кг/м^3	Экваториаль диаметры		Кысылышы	Күчәр тирәсендә әйләнүнең йолдызча периоды	Экваторның орбита яссылыгына авышлыгы	Планеталарның билгеле булган иярченнәр саны
	Жир диаметрында	км				
5,4	0,38	4900	0	58,65 тәүл	7°	—
5,2	0,95*	12 100*	0	243,0** тәүл	177°	—
				сәг мин с		
5,5	1,00	12 756	1/298	23 56 4	23°27′	1
4,0	0,53	6800	1/150:	23 37 23	25°	2
1,3	11,2	142 000	1/16	9 50***	3,1°	16 дан да ким түгел
0,6	9,5	120 000	1/10	10 14	26,4°	17 дән дә ким түгел
1,3	3,9	50 000	1/40:	10,8 сәг**:	98°	14
1,6	3,9	50 000	1/60	15,8 сәг:	29°	2?
1—1,5:	0,2	2800:	?	6,4 тәүл	?	1
1,4	109,1	1 392 000	0	25,4 тәүл	7°15′	—

* Каты өслек диаметры.
** Кирегә әйләнү.
*** Экваторда.

(:) ике нокта саннарның төгәлсезлеген күрсәтә.

зонтның якларын билгеләргә кирәк. Тиешле вакытта йолдызлар картасына карап алу, язу яки махсус күзәтүләр дәфтәренә рәсем ясап алу өчен (анда, барыннан да элек, теге яки бу күзәтүне үткәрү датасын һәм вакытын күрсәтергә кирәк,) янында аз гына яктылык бирә торган кесә фонаре булдыру яхшы.

Гади күз белән түбәндәге күзәтүләрне үткәрергә мөмкин:

1. Кояш чыгу яки бату ноктасының торышы үзгәрү. Шул максатта айга ике мәртәбә (якынча 2 атна аша) Кояш бату (яки чыгу) вакытын билгеләргә һәм күренмә горизонтта әйләнә-тирәдәге ерак предметларга карата Кояшның бату (чыгу) ноктасының торышы рәсемен ясарга. Бер үк урыннан үткәрелгән күзәтүләр вакыт үтү белән бу ноктаның торышы үзгәрүенә ышанырга мөмкинлек бирә.

2. Айның күренмә хәрәкәте һәм фазалары. Бу күзәтүләрне Ай Кояш батуга горизонт өстендә нәзек кенә урак кебек булып күренгән кичтә үткәрә башлау яхшырак. Ай күренешенең рәсемен ясарга, Кояшның бату ноктасыннан аның якынча почмакча ераклыгын табарга һәм күзәтүләрне алга таба көн саен кичләрен чама белән бер үк вакытта (Кояш батканнан соң ук) кабатларга. Шул рәвешле Айның әкренләп фазалары үзгәрешен һәм аның

күк гөмбәзендә күкнең тәүлекләк әйләнешенә каршы юнәлештә күчешен күзәтергә мөмкин булыр.

Калган барлык күзәтүләрне эңгер-меңгер вакыт үтеп, тонык йолдызлар да күренерлек булгач үткәрергә кирәк. Шуны истә тотарга кирәк, тулы ай вакытында Ай яктысы йолдызларны күзәтергә комачаулый.

3. Йолдызлыклар һәм яктырак йолдызлар белән танышуны йолдызлы күкне күзәтүнең беренче көннәреннән үк башларга кирәк. Йолдызларның күчмә картасыннан файдаланып, Зур Җидегән, Кечкенә Җидегән, шулай ук Аккош, Лира, Каракош йолдызлыкларын һәм алардагы якты (1 нче йолдызча зурлыктагы) Вега, Денеб һәм Альтаир йолдызларын табарга һәм аларны истә калдырырга кирәк. Күзәтүләр дәфтәрендә күкнең көньягында кичен нинди йолдызлыклар күренүен язып кую файдалы. Йолдызлыкларның урнашу рәвешен онытмас өчен, аларны әледән-әле күк йөзендә табарга кирәк.

4. Күк йөзенең тәүлекләк әйләнеше. Йолдызлыкларны күзәтә башлауга, нинди дә булса якты йолдызларның горизонтка карата торышын билгеләп куегыз. Бер-ике сәгатьтән күзәтүне кабатлагыз һәм күк йөзенең тәүлекләк әйләнүе нәтиҗәсендә йолдызларның күчүенә ышаныгыз. Күк йөзенең Казык йолдыз өлкәсен, дәреслектә тасвирланганча, 1 сәгатьтән дә ким булмаган экспозиция белән фоторәсемгә төшереп алу яхшы булыр. Ул вакытта сез күк йөзенең әйләнүен документаль рәвештә расларсыз (§ 3.3 не кара).

5. Йолдызлы күкнең ел дәвамында күренеше үзгәрү. Кышын йолдызлы күк йөзен беренче күзәтүдән соң 2—3 ай үткәч, ә иннары яз көне күк йөзендә кабат үзегезгә таныш поляр йолдызлыкларны һәм шулай ук, якты йолдызлары Альдебаран, Бетельгейзе һәм Сириус белән бергә, Үгез Бозау, Орион, Зур Эт йолдызлыкларын табыгыз. Күзәтүләр вакытында бу якты йолдызларның температураларына тиңдәшле төсләренә игътибар итегез. Көзен күк йөзенең көньягында нинди йолдызлыкларны күзәтүегезне исегезгә төшерегез һәм йолдызлы күкнең ел дәверендә үзгәрүенә ышаныгыз.

6. Метеорларны күзәтү. Метеорларны җир нинди дә булса метеор агышы белән очрашканда күзәтү яхшырак. Күзәтү датасын һәм радиантының кайсы йолдызлыкта булуын «Астрономия мәктәп календаре»ннан белергә мөмкин.

7. Планеталарның хәрәкәте. Астрономия календареннан һәм йолдызлар картасыннан файдаланып, үзегез яки укытучы ярдәмендә күк йөзендә шул айда күренә торган планеталарны табыгыз. Бу күзәтүне сентябрь аенда үткәрергә һәм планеталарның, йолдызлар һәм йолдызлыклар арасындагы торышын күрсәтеп, рәсемен ясагыз. 1—2 айдан соң кая күчкәнен ачыкларга.

Укытучы җитәкчелегендә телескоп яки бинокль (бинокуляр) аша үткәрелә торган күзәтүләр

Күрсәтелгән приборлар ярдәмендә түбәндәгеләрне күрергә мөмкин:

1. Кояш тапларын (кара фильтр аша карау мәҗбүри); 2) Айда көн һәм төн чикләренең ачык булмавын, Айның иң зур кратерларын; 3) Юпитер иярченнәрен һәм Сатурн боҗраларын; 4) Киек Каз Юлының йолдызча структурасын; 5) Иләк йолдыз тупланышын; 6) Зур Җидегән һәм Лира йолдызлыкларында куш йолдызларны; 7) Андромеда (көзен) йолдызлыгындагы галактиканы; 8) Орионда (кышын) газ томанлыгын.

VII. Йолдызлы күкнең күчмә картасы белән эш итү

Җирнең үз күчәре тирәсендә тәүлеклек һәм Кояш тирәсендә еллык әйләнүе сәбәпле, йолдызларның горизонтка карата торышлары өзлексез үзгәреп тора. Аларның торышлары бер үк тәүлекнең төрле сәгатьләрендә дә, төрле айларда тәүлекнең бер үк кичке сәгатьләрендә дә төрлечә була. Йолдызлы күкнең күчмә картасы йолдызларның горизонтка карата торышларын вакытның теләсә кайсы моменты өчен табарга мөмкинлек бирә.

Карта белән эш итү өчен, аны тиешенчә урнаштыра һәм аннан файдалана белергә кирәк.

Барыннан да элек картаны һәм куелма түгәрәкне катыргыга ябыштырырга кирәк; аннары битләрне саклык белән генә түгәрәкләп кисеп чыгалар, ә куелма түгәрәкнең уртасын билгеле бер киңлекне (картадан файдалана торган урынның киңлеген) күрсәткән йомык сызык буенча уеп алалар. Мәсәлән, Мәскәү өчен (киңлеге 56°) 55° тамгалы сызык буенча кисәләр h. б.

Картадан түбәндәгечә файдаланалар: куелма түгәрәкне карта өстенә куялар, бу вакытта безгә кирәкле сәгать (сәгатьләр куелма түгәрәк кырыенда язылган) безнең күзәтү датасына тиңдәш датага туры килергә тиеш (айлар һәм числолар йолдызлар картасының кырыенда күрсәтелгән). Ул чагында шул моментта горизонт өстендә була торган йолдызлыклар һәм йолдызлар куелма түгәрәкнең уелмасы эчендә булырлар; аларның юнәлешләре һәм горизонтка карата торышлары нәкъ картада күрсәтелгәнчә булыр.

Куелма түгәрәк уелмасының кырыйлары — горизонтны, ә үзәге зенитны күрсәтер (горизонт нокталары куелма түгәрәктә күрсәтелгән).

Әгәр картаны өскә күтәреп «төньяк» дип язылган кырыен горизонтның төньяк ноктасына юнәлтсәк, картаның күрсәтүе күзәтелә торган йолдызлы күккә тулысынча туры килер. Карта өстәлдә ятканда, аның югарыдагы йолдызларның торышларын күрсәтүен истән чыгармаска һәм, йолдызларның сурәтләрен күңелдән горизонт яклары юнәлешләренә туры китереп, күк йөзенә күчерергә кирәк.

Карта белән эш иткәндә йолдызлыкларның картада берникадәр бозылып, сузынкырак итеп күрсәтелүен истән чыгармаска кирәк, чөнки күк сферасын, Җир шары кебек үк, яссылыкта төгәл күрсәтеп булмый.

Картадагы радиаль сызыклар — авышу түгәрәкләре. Аларга туры килә торган туры күтәрелеш сәгатьләре карта кырыенда күрсәтелгән (авышуның дүрт түгәрәгенә цифрлар куелган). Яктырткычларның авышуларын исәпләү өчен 30° саен үткәрелгән концентрик әйләнәләр хезмәт итә (үзәктән өченче әйләнә — күк экваторы, авышлыгы 0°). Карта 45° ка кадәр авышкан йолдызларны эченә ала (4 нче зурлыктагы йолдызлар да кертелгән).

Картадагы эксцентрик түгәрәк — эклиптика, аның күк экваторы белән кисешү нокталарының туры күтәрелеше: 0 сәгать (язгы көн-төн тигезлеге ноктасы) һәм 12 сәгать (көзге көн-төн тигезлеге ноктасы).

Эклиптикада Кояшның торышын, мәсәлән, һәр айның егерменче числолары өчен билгеләп кую яхшы. Ул вакытта йолдызлар картасы күргәзмәлерәк һәм күзәтү өчен җайлырак булыр.

VIII. Иң әһәмиятле астрономик даталар һәм ачышлар

Еллар, безнең эрага кадәр

3000 Мисырда, Вавилонда һәм Кытайда астрономиядән беренче язмалар эшләнгән.

1100 Экваторның эклиптика яссылыгына авышлыгын билгеләү (*Чу Конг,* Кытай).

360 Җир, Ай һәм башка күк җисемнәрен шар рәвешендә күзаллау файдасына дәлилләр китерелә (*Аристотель,* Греция).

280 Александрия астрономнары йолдызлы күк йөзен системалы рәвештә күзәтә башлыйлар (*Аристилл, Тимохарис*).

265 Җирнең үз күчәре һәм Кояш тирәсендә хәрәкәт итүе турында фикерләр әйтелә, беренче тапкыр Кояшка һәм Айга кадәр ераклык билгеләнә (*Аристарх Самосский,* Греция).

240 Җир шарының үлчәмнәре билгеләнә (*Эратосфен,* Александрия).

140—120 Кояш, Ай хәрәкәтенең беренче таблицалары, 1022 йолдызны эченә алган һәм күренмә яктыртучанлыкларыннан чыгып, йолдызча зурлыклары буенча бүлгәләнгән йолдызлар каталогы төзелә (*Гиппарх,* Александрия).

46 Рим империясендә Юлиан календаре кертелә (*Созиген,* Александрия).

Еллар, безнең эраныкы

150 Александрия галиме *Клавдий Птолемей* тарафыннан дөньяның геоцентрик системасы турындагы хезмәте — «Альмагест» иҗат ителә.

1031 *Бируни* Җир әйләнәсенең озынлыгын билгели (Хорезм).

1425 *Улугбек* җитәкчелегендә Сәмәрканд янында дөньяда иң зур обсерватория төзелеп бетә.

1543 *Н. Коперникның* дөньяның гелиоцентрик система икәнен раслаган «Күк сферасының әйләнүләре» турындагы китабы дөнья күрә.

1582 Кайбер Европа илләрендә григориан календаре кертелә.

1584 *Дж. Бруноның* «Чиксезлек, Галәм һәм дөнья турында» дигән хезмәте дөнья күрә (Италия).

1610 Телескоп ярдәмендә астрономик күзәтүләр башлана (*Г. Галилей,* Италия).

1609—1619 Планеталарның Кояш тирәсендә хәрәкәт законнары ачыла (*И. Кеплер,* Германия).

1632 *Г. Галилейның* «Дөньяның төп ике системасы — Птолемей һәм Коперник системалары турында диалог» дигән күренекле хезмәте басылып чыга. Анда ул дөньяның гелиоцентрик система булуы турындагы Коперник тәгълиматын яклый.

1671—1673 Марсның каршыда торышын күзәтүләрдән чыгып, беренче тапкыр Кояшның параллаксы (9,5″) билгеләнә *(Д. Кассини Ж. Рише,* Франция).

1687 Бөтендөнья тартылуы теориясе иҗат ителә *(И. Ньютон,* Англия).

1705 Кайбер кометаларның периодик рәвештә кире кайтулары раслана *(Э. Галлей,* Англия).

1719 Йолдызларның үз хәрәкәтләрен ачу *(Э. Галлей,* Англия).

1755 Немец философы *И. Кантның* «Гомум табигать тарихы һәм күк теориясе» дигән хезмәте дөнья күрә. Ул анда космологик күзаллаулар һәм космогоник гипотезалар турында да сөйли (Германия).

1761 Венерада атмосфера булуы ачыла *(М. В. Ломоносов,* Россия).

1781 Уран планетасы ачыла *(В. Гершель,* Англия).

1783 Кояшның йолдызлар арасында хәрәкәт итүе ачыла *(В. Гершель,* Англия).

1794 Метеоритларның космик килеп чыгу законы раслана *(Э. Хладни,* Германия).

1796 *П. Лапласның* космогоник гипотезаны эченә алган «Дөнья системасын аңлатып бирү» дигән хезмәте дөнья күрә (Франция).

1801 Беренче кечкенә планета — Церера астероиды ачыла *(Д. Пиацци,* Италия).

1814 Кояш спектрында йотылу сызыкларын аңлатып бирү *(Й. Фраунгофер,* Германия).

1837—1839 Беренче тапкыр йолдыз параллакслары үлчәнә *(В. Я. Струве* (Лира α сы, 1937 ел), Россия; *Ф. Бессель* (61 Аккошның, 1938 ел), Германия; *Т. Гендерсон* (Центавр α сы, 1939 ел), Англия).

1843 Кояш дискысының якынаючы һәм ерагаючы читләренең (әйләнү нәтиҗәсендә) спектрларында сызыкларның күчүе — Доплер эффекты ачылу (Австрия).

1846 Нептун планетасы ачылу *(И. Галле,* Германия).

1859—1862 Спектраль анализның ачылуы *(Р. Бунзен, Г. Кирхгоф,* Германия).

1860 Йолдызларның спектроскопиясен ала башлау *(В. Хэггинс,* Англия).

1863 Йолдыз спектрларының беренче классификациясе *(А. Секки,* Италия).

1862—1904 Кометаларның физик табигатен тикшерү, комета койрыкларының классификациясе *(Ф. А. Бредихин,* Россия).

1868 Кояшта гелий барлыгын ачу *(Н. Локьер,* Англия).

1894 Сатурн боҗраларының метеорит составлы булуын исбатлау *(А. А. Белопольский,* Россия).

1903 Галәм киңлегенә очу ысуллары эшләнә башлый *(К. Э. Циолковский,* Россия).

1900—1910 Яктылыкның тузан кисәкчекләренә һәм газга басым ясавын экспериментал исбатлау *(П. Н. Лебедев,* Россия).

1905—1913 Кәрлә йолдызларны һәм гигант йолдызларны ачу; «спектр —

яктыртучанлык» диаграммасы (*Э. Герцшпрунг*, Дания; *Г. Рессел*, АКШ).

1908 Цефеидларның «период — яктыртучанлык» бәйлелеген ачу (*Г. Ливитт*, АКШ).

1916 Йолдызларның эчке төзелешен теоретик тикшерүләр башлана (*А. Эддингтон*, Англия).

1922—1924 Галәмнең стационар түгеллеген теоретик нигезләү (*А. А. Фридман*, СССР).

1924 Галактиканың әйләнүен ачу (*Я. Оорт*, Голландия).

1924 М 31 һәм М 33 галактикаларны йолдызларына бүлү: галактикадан читтәге астрономиянең үсә башлавы (*Э. Хаббл*, АКШ).

1929 Галактика спектрларында «кызылга күчеш»не ачу (*Э. Хаббл*, АКШ).

1929 Галәмдә яктылык йотылуның барлыгын исбатлау (*Б. А. Воронцов-Вельяминов*, СССР).

1930 Плутонның ачылуы (*К. Томбо*, АКШ).

1931 Дулкын озынлыгы 15 м булган космик радионурланышның ачылуы (*К. Янский*, АКШ).

1937 Йолдызларның эчендә бара торган һәм аларның энергия чыганагы булган төш реакцияләренең теориясе иҗат ителә (*Г. Бете*, АКШ).

1941 Яңа тип (мениск) телескоп уйлап табыла (*Д. Д. Максутов*, СССР).

1946 Айны радиолокацияләү.

1948 Инфракызыл нурларда күзәткәндә Галактиканың төше барлыгын ачу (*А. А. Калиняк*, *В. И. Красовский*, *В. Б. Никонов*, СССР).

1951 21 см дулкын озынлыгындагы йолдызара водород радионурланышын ачу.

1952—1959 Галактика төшләренең активлыгын өйрәнү (*В. Я. Амбарцумян*, СССР).

1957 Үзара тәэсир итешүче галактикаларны ачу (*Б. А. Воронцов-Вельяминов*, СССР).

1963 Квазарларны ачу (*М. Шмидт*, АКШ).

1965 Реликтив радионурланышны табу (*А. Пензиас*, *Р. Вилсон*, АКШ).

1967 Пульсарларны (нейтрон йолдызларны) ачу.

1976 Уран боҗраларын ачу.

1979 Юпитер боҗраларын һәм Юпитер иярчене Иода сүнмәгән вулканнар барлыгын ачу.

IX. Космик пространствоны өйрәнүдәге әһәмиятле этаплар

1957 ел 4 октябрь	Җирнең беренче ясалма иярчене орбитага чыгарылуы (ИСЗ[1] «Спутник-1», СССР). Космик эра башлану.
1958 ел 15 май	Комплекслы тикшеренүләр үткәрү өчен орбитага беренче фәнни лаборатория чыгару («Спутник-3», СССР).
1959 ел 4 январь	Космик аппарат икенче космик тизлеккә ирешеп, Кояшның беренче ясалма иярчене булды («Луна-1», СССР).
14 сентябрь	Беренче тапкыр космик аппарат Ай өслегенә барып җитте («Луна-2», СССР).
7 октябрь	Беренче тапкыр космик аппарат Айны әйләнеп чыгып, аның безгә күренми торган ягын фоторәсемгә төшерде («Луна-3», СССР).
1960 ел 20 август	Җирнең ясалма иярчененең хайваннар белән җибәрелгән кабинасы беренче тапкыр Җиргә кире кайтарылды («Корабль-спутник-2», СССР).
1961 ел 12 февраль	Венерага таба беренче космик аппарат җибәрелде («Венера-1», СССР).
12 апрель	Беренче тапкыр кешенең космоска очышы (*Ю. А. Гагарин,* «Восток» корабле, СССР).
1962 ел 12—15 август	Ике космик корабльнең бер үк вакытта беренче очышы (*А. Г. Николаев,* «Восток-3» космик корабле һәм *П. Р. Попович,* «Восток-4» космик корабле).
1963 ел 16—19 июнь	Беренче тапкыр хатын-кызның космоска очуы (*В. В. Терешкова,* «Восток-6» космик корабле, СССР).
1964 ел 12 октябрь	Беренче тапкыр космик корабльнең берничә кешедән торган экипаж белән орбитага чыгарылуы (*В. М. Комаров, К. П. Феоктистов, Б. Б. Егоров* «Восход» космик корабле, СССР).
1965 ел 18 март	Космик корабльдән кешенең беренче тапкыр ачык космоска чыгуы (*А. А. Леонов,* «Восход-2» космик корабле, СССР).
1966 ел 3 февраль	Космик корабльне беренче тапкыр Айга салмак утырту һәм Ай панорамасының телевизион сурәтен Җиргә тапшыру («Луна-9», СССР).
1 март	Беренче планетаара космик корабль Венерага барып җитә («Венера-3», СССР).
3 апрель	Айның беренче ясалма иярчене («Луна-10», СССР).

[1] ИСЗ — Искусственный спутник Земли сүзләренең баш хәрефләре.

1967 ел 27 январь	Ай һәм башка күк җисемнәрен дә кертеп, космик пространствоны тикшерү һәм файдалану буенча дәүләтләрнең хезмәттәшлек принциплары турындагы Договорга кул куела.
18 октябрь	Космик аппаратның башка планета атмосферасында беренче тапкыр салмак төшерелүе («Венера-4», СССР).
30 октябрь	Җирнең ясалма ике иярчененең беренче тапкыр автомат рәвештә тоташуы («Космос-186» һәм «Космос-188», СССР).
1968 ел 22 апрель	Космик пространствога җибәрелә торган космонавтларны коткару, космонавтларны һәм объектларны кайтарып бирү турындагы Килешүгә кул куела.
1969 ел 21 июль	Кешеләрнең беренче тапкыр Ай өслегенә чыгулары (*Н. Армстронг, Э. Олдрин,* «Аполлон-11» космик корабле, АКШ).
14 октябрь	Социалистик илләрнең Җирнең ясалма иярчене орбитага чыгарылу («Интеркосмос-1»).
1970 ел 24 сентябрь	Автомат космик аппарат белән Җиргә беренче тапкыр Ай туфрагын кайтарту («Луна-16», СССР).
17 ноябрь	Айга беренче тапкыр үзйөрешле «Луноход-1» аппаратын илтеп җиткерү («Луна-17», СССР).
15 декабрь	Планетаара космик аппаратны беренче тапкыр Венерага салмак утырту («Венера-7», СССР).
1971 ел 19 апрель	Орбитага беренче орбиталь станция чыгарылды («Салют», СССР).
27 ноябрь	Планетаара космик аппарат беренче тапкыр Марс өслегенә барып җитте («Марс-2», СССР).
2 декабрь	Планетаара космик аппаратны Марска беренче тапкыр салмак утырту («Марс-3», СССР).
1973 ел 4 декабрь	Планетаара космик аппаратлар белән очып үтү траекториясеннән Юпитерны беренче тикшерүләр үткәрелде («Пионер-10», АКШ).
1974 ел 29 март	Планетаара космик аппаратлар белән очып үтү траекториясеннән Меркурийны беренче тикшерүләр үткәрелде («Маринер-10», АКШ).
1975 ел 17 июль	Төрле илләрнең идарә ителә торган ике космик корабльен беренче тапкыр тоташтыру (*А. А. Леонов, В. Н. Кубасов,* «Союз-19», СССР; *Т. Стаффорд, Д. Слейтон, В. Бранд,* «Аполлон», АКШ).
22 октябрь	Венера тирәли орбитага беренче ясалма иярчен чыгарылып, Җиргә беренче тапкыр Венера өслегенең телевизион сурәте тапшырылды («Венера-9», СССР).

1976 ел 20 июль	Планетаара космик аппарат белән Марс өслегендә беренче тикшеренүләр үткәрелде («Викинг-1», АКШ).
1978 ел 2 март	«Союз-28» космик корабленда беренче халыкара экипажның орбитага чыгарылуы һәм аның «Салют-6» станциясенә күчүе (*А. А. Губарев*, СССР; *В. Ремек*, ЧССР).
1979 ел 1 сентябрь	Планетаара космик аппарат белән очып үтү траекториясеннән Сатурнны беренче тикшерүләр үткәрелде («Пионер-11», АКШ).
18 декабрь	Айда һәм башка күк җисемнәрендә дәүләтләрнең эшчәнлеге турындагы Килешүгә кул куелды.
1983 ел 10 һәм 14 октябрь	«Венера-15» һәм «Венера-16» космик аппаратлары Венера тирәли орбитага чыгарылды һәм радиолокация ярдәмендә планетаның картасы төшереп алынды (СССР).
1984 ел 8 февраль — 2 октябрь	Космоста дәвамлы иң озак очыш (236 тәүлек 22 сәг 49 мин, *Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев, О. Ю. Атьков*, «Союз Т-10», «Союз Т-11» космик корабльләре, «Салют-7» станциясе, СССР).
15, 21 декабрь	Венераны һәм Галлей кометасын тикшерү максатында, («Вега-1» һәм «Вега-2» планетаара космик аппаратлары җибәрелде, СССР).
1985 ел июнь	Венера атмосферасын аэростат ярдәмендә тикшерү («Вега-1» һәм «Вега-2» космик аппаратлары, СССР).
1986 ел январь	Планетаара космик аппаратлар белән очып үтү траекториясеннән Уранны беренче тикшерүләр үткәрелде («Пионер-11», АКШ).
март	Галлей кометасын космик аппаратлар белән очып үтү траекториясеннән тикшерү («Вега-1», «Вега-2», СССР).

X. Тәкъдим ителә торган әдәбият исемлеге

I. Астрономия курсының төрле сораулары буенча китаплар

Бялко А. В. Наша планета — Земля.— М.: Наука, 1983.
Воронцов-Вельяминов Б. А. Лаплас.— М.: Наука, 1985.
Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной.— М: Наука, 1980.
Дагаев М. М. Книга для чтения по астрономии.— М.: Просвещение, 1980.
Еремеева А. И. Астрономическая картина мира и ее творцы.— М: Наука, 1984.
Ефремов Ю. Н. В глубины Вселенной.— М.: Наука, 1984.
Засов А. В. Карликовые галактики.— М.: Знание, 1984.
Климишин И. А. Астрономия наших дней.— М.: Наука, 1980.
Кононович Э. В. Солнце — дневная звезда.— М.: Просвещение, 1982.
Кузьмин А. Д. Планета Венера.— М.: Наука, 1981.
Мирошниченко Л. И. Солнечная активность и Земля.— М.: Наука, 1981.
Михайлов А. А. Земля и ее вращение.— М.: Наука, 1984.
Метлов В. Г. Взаимодействие галактики.— М.: Знание, 1985.
Новиков И. Д. Эволюция Вселенной.— М.: Наука, 1983.
Силкин Б. И. В мире множества лун.— М.: Наука, 1982.
Симоненко А. Н. Метеориты — осколки астероидов.— М.: Наука, 1979.
Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум.— М.: Наука, 1984.

II Күзәтүләр үткәрү һәм үзең ясаган приборлар һәм инструментлар хәзерләү буенча ярдәмлекләр

Андрианов Н. К., Марленский А. Д. Астрономические наблюдения в школе.— М.: Просвещение, 1987.
Воронцов-Вельяминов Б. А. Сборник задач по астрономии.— М.: Просвещение, 1980.
Дагаев М. М. Наблюдения звездного неба.— М.: Наука, 1983.
Зигель Ф. Ю. Звездная азбука.— М.: Просвещение, 1980.
Навашин М. С. Телескоп астронома-любителя.— М.: Наука, 1979.
Сикорук Л. Л. Телескоп для любителей астрономии.— М.: Наука, 1982.
Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдения.— М.: Наука, 1980.
Шевченко В. В. Луна и ее наблюдения.— М.: Наука, 1983.
Школьный астрономический календарь / Сост. М. М. Дагаев.— М.: Просвещение (издается на каждый учебный год).
Энциклопедический словарь юного астронома.— М.: Педагогика, 1980.

КҮНЕГҮЛӘРГӘ ҖАВАПЛАР

1 нче күнегү. 3. 138°47′45″.

3 нче күнегү. 1. 4°. 2. $\delta = \varphi$; $\delta = -(90° - \varphi)$. 4. $\delta > (90° - \varphi)$; $\delta < (90° - \varphi)$.

4 нче күнегү. 1. 23°27′. 2. 21 март һәм 23 сентябрь. 3. 66°33′.

5 нче күнегү. 1. Көнбатышта. 3. 27,3 тәүл. аша.

7 нче күнегү. 1. 398 тәүл. аша. 2. 3/4 яки 3/2 ел. 3. 2 ел.

8 нче күнегү. 1. 687 тәүл. 2. ≈ 2,4 сәг. 3. Эчке планета өчен 0,69 а. б., тышкысы өчен 2,4 а. б.

9 нчы күнегү. 1. ≈ 3 м. 2. 1854 м.

10 нчы күнегү. 1. 2,2″. 2. ≈ 1°; ≈ 54′.

11 нче күнегү. 1. ≈ 389 тапкыр. 2. 45″. 3. ≈ 16 тапкыр. 5. Җир өчен 1,03, Марс өчен 1,2.

12 нче күнегү. 1 $\approx 4{,}4 \cdot 10^3$ кг/м³. 2. $6 \cdot 10^{24}$ кг.

13 нче күнегү. 1. $\approx 320\ M_{\oplus}$. 2. Җир белән Ай арасында яткан нокта өчен 54 $R_{\oplus}$, Җир — Ай сызыгында, Ай артында яткан нокта өчен 67,5 $R_{\oplus}$.

14 нче күнегү. 2. ≈ 48 км/с.

15 нче күнегү. 2. ≈ 1,9 км.

16 нчы күнегү. 1. ≈ 145 км. 2. 20′.

17 нче күнегү. 2. ≈ 18 а. б. 4. 2,2 м.

18 нче күнегү. 1. $\approx 3{,}3 \cdot 10^{10}$ Дж. 2. $\approx 2 \cdot 10^{-4}$ Вт/кг.

19 нчы күнегү. 2. ≈ 3300 К.

20 нче күнегү. 1: ≈ 11,6 тапкыр; $\approx 10^{10}$ тапкыр. 2. $m_2 - m_1 \approx 3$. 3. ≈ 29,3 яктылык елы. 4. 145 000 ел. 5. 100 тапкыр $M_1 = 1$, $M_2 = 6$.

21 нче күнегү. 1. 7,5 Кояш массасы. 2. 257 тәүл. 3. ≈ 10 Кояш массасы

22 нче күнегү. 1. 14 000 тапкыр. 2. $\approx 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ кг/м³.

23 нче күнегү. 1. 100 тапкыр. 2. $\approx 6 \cdot 10^3$ пк.

24 нче күнегү. 1. 10^4 пк; 3 пк; 20.

25 нче күнегү. 1. ≈ 5 км/с. 2. 11 км/с.

26 нчы күнегү. 1. 150 Мпк; 15 000 пк. 2. 10^6 пк; 100 км/с.

РУСЧА-ТАТАРЧА АТАМАЛАР ҺӘМ ИСЕМНӘР КҮРСӘТКЕЧЕ

Авышу (склонение) 18
Азимут 10
Ай (Луна) 4, 23—27, 76—78
Айда физик шартлар (физические условия на луне) 76
Айның күренмә хәрәкәте (видимое движение Луны) 27
— рельефы (рельеф Луны) 77
— фазалары (фазы Луны) 27
— хәрәкәте (движение Луны) 23—25
Ай параллаксы (параллакс Луны) 50
Алголь 129—131
Амбарцумян В. А. 148, 164
Андромеда томанлыгы (туманность Андромеды) 158
Апекс 150
Астероидлар (астероиды) 40, 95
Астрономик берәмлек (астрономическая единица) 46, 50
Астрономия 3
Атмосферадан читтәге астрономия (астрономия внеатмосферная) 68
Афелий 44

Базис 47
Белопольский А. А. 93, 94
Биеклек (высота) 10
Болид 96
Бредихин Ф. А. 101
Бруно Джордано 38

Венера 39, 83—85

Галактика 4, 144
Галактика яссылыгы (галактическая плоскость) 144
Галактикалар (галактики) 6, 158—164
Галактиканың әйләнүе (вращение галактики) 151
Галактиканың үлчәмнәре (размеры галактики) 145
Галилей 38
Галәм (Вселенная) 4, 5
Галәмнең киңәюе (расширение Вселенной) 167
Гершель 144, 146, 158
Герцшпрунг — Рессел (төс-яктылык) диаграммасы (диаграмма Герцшпрунга — Рессела «цвет — светимость») 141
Горизонт яссылыгы 16
Гранулалар (гранулы) 115
Григорий календаре (григорианский календарь) 35

Доплер эффекты (эффект Доплера) 66
Дөнья күчәре (ось мира) 16
Дөньяның гелиоцентрик системасы (Коперникныкы) гелиоцентрическая система мира (Коперника) 36
Дөньяның геоцентрик системасы (Птолемейныкы) (геоцентрическая система мира (Птолемея) 36
Дөнья полюсы (полюс мира) 16
— —ның биеклеге (высота полюса мира) 19

Зенит 16
Зодиакаль йолдызлыклар (созвездия зодиакальные) 25
Зодиак поясы (пояс зодиака) 25

Йолдыз тупланышлары (звездные скопления) 147
Йолдызара тузан (межзвездная пыль) 152, 153
Йолдызлар (звезды) 6, 13
— ,ак кәрләләр (белые карлики) 133, 141
— ,визуаль-куш (визуально-двойные) 127
— ,кызыл гигантлар (красные гиганты) 124, 141
— ,кызыл кәрләләр (красные карлики) 124, 133

— ,нейтрон (нейтронные) 142
— ,оптик-куш 127
— ,спектраль-куш (спектрально-двойные) 129
— ,супергигантлар (сврехгиганты) 124, 133, 141
— ,тотылышлы-куш (затменно-двойные) 129
— ,иң яңа (сверхновые) 138
— ,цефеидлар (цефеиды) 135, 136
— ,үзгәрешле (переменные) 135
— ,яңа (новые) 137, 141
Йолдызлар эзлеклелеге (последовательности звездные) 141
Йолдызларның ассоциациясе (ассоциации звездные) 148
Йолдызларның спектры (спектр звезд) 124, 125
Йолдызларның үз хәрәкәте (собственное движение звезд) 149
Йолдызларның үсеш процессы (эволюция звезд) 141, 142
Йолдызның температурасы (температура звезды) 124, 125
— тыгызлыгы (плотность) 132
— төсе (цвет) 13, 124
— яктыртучанлыгы (светимость) 122, 140
— үлчәме (размер) 132
Йолдызлыклар (созвездия) 12
Йолдызча зурлык (звездная величина) 14, 122

Календарь 33—35
Каршыда торыш (противостояние) 42
Квазарлар (квазары) 165
Кеплер И. 44, 45
Кеплер законнары (законы Кеплера) 44, 45
Киек Каз Юлы (Млечный путь) 144
Кометалар (кометы) 40, 99—102
Коперник Н. 36, 37
Космик нурлар (космические лучи) 157
Космик тизлекләр (космические скорости) 52, 53
Космогония 105
Космология 167
Кояш (Солнце) 4, 23—25, 40
— активлыгы (активность) 114
— атмосферасы (атмосфера) 114, 115
— елы (год солнечный) 34
— кабынышлары (вспышки) 118
Кояш параллаксы (параллакс Солнца) 50
Кояш системасы (солнечная система) 4, 39, 40
— системасының хәрәкәте (движение солнечной системы) 150, 151
— энергиясе (энергия Солнца) 110
— җиле (солнечный ветер) 102, 116
Кояш таҗы (Солнечная корона) 116
Кояш торгынлыгы (җәйге, кышкы) (солнцестояние (летнее и зимнее)) 25
— факеллары (солнечные факелы) 117
Кояшның төзелеше (строение Солнца) 111
— хәрәкәте (движение Солнца) 23, 24
Кояштагы таплар (солнечные пятна) 116
Кояш тәүлеге (солнечные сутки) 33
Кульминация 21
Кушылу (соединение) 41
Кызылга тайпылу (красное смещение) 160, 161
Көлсыман төс (пепельный свет) 27
Көн-төн тигезлеге (язгы һәм көзге) (равноденствие (весеннее и осеннее)) 19, 24
Күк меридианы (небесный меридиан) 17
Күк сферасы (небесная сфера) 15, 16
Күк экваторы (небесный экватор) 17
Күтәрелешләр (приливы) 56, 57

Ломоносов М. В. 38

Магнит давылы (магнитная буря) 73
Марс 40, 85
«Масса-яктыртучанлык» бәйлелеге

(зависимость «масса — светимость») 141
Меркурий 40, 82
Метагалактика 166
Метеор 102
— җисемнәр 40, 96
Метеорит 96

Надир 16
Нейтраль водород (нейтральный водород) 156, 157
Нептун 40, 55
Нур буенча тизлек (скорость лучевая) 150

Обсерватория 60

Параллакс 49
— горизонталь (горизонтальный) 49
— еллык (годичный параллакс) 120
Параллактик тайпылыш (параллактическое смещение) 47
Парсек 121
Перигелий 44
Планетаара томанлыклар (планетарные туманности) 154
Планеталар (планеты) 4, 26, 39
— гигант (планеты-гиганты) 69, 89
— эчке (планеты внутренние) 40
— җир группасы (планеты земной группы) 69, 82
Планеталарның боҗралары (кольца планет) 91
Планеталарның иярченнәре (спутники планет) 91
— Планета хәрәкәте (движение планеты) 26, 38
Планеталарның йолдызча (сидерик) әйләнү периодлары (период обращения планет звездный (сидерический)) 42, 43
Планеталарның конфигурациясе (конфигурации планет) 40
Планеталарның орбиталары (орбиты планет) 52, 53
Планеталарның синодик әйләнү периодлары (синодические периоды обращения планет) 42, 43
Плутон 40, 90
Поляр балкышлар (полярное сияние) 73
Почмакча ераклык (угловое расстояние) 10
Пространстводагы тизлек (пространственная скорость) 149
Протойолдызлар (протозвезды) 155
Протуберанецлар (протуберанцы) 118
Птолемей К. 36
Пульсарлар (пульсары) 142

Радиант 104
Радиацион пояс (радиационный пояс) 72
Радиогалактика 165
Радионурланыш (радиоизлучение) 62, 68, 157
Радиотелескоп 61, 62

Сатурн 40, 89, 91, 93
Сидерик ай (сидерический месяц) 27
Синодик ай (синодический месяц) 28
Синхротрон нурланыш (синхротронное излучение) 140, 158, 165
Спектр 63—67
Спектраль анализ (спектральный анализ) 63
Струве В. Я. 49, 120, 152, 155

Тангенциаль тизлек (тангенциальная скорость) 150
Тайпылышлар (возмущения) 54
Телескоп 6—9
— менисклы (менисковый) 7
— рефлектор 7
— рефрактор 6
Терминатор 77
Томанлыклар (туманности) 152
— ,крабсыман 139, 142
— ,чәчелмә (диффузные) 153
— ,якты (светлые) 152
— ,караңгы (темные) 152
Тотылулар (затмения) 30

Туры күтәрелеш (прямое восхождение) 18
Төшлек сызыгы (полуденная линия) 16, 33
Уран 40, 93, 94

Фотосфера 114

Хаббл законы (закон Хаббла) 160
Хаббл константасы (постоянная Хаббла) 160
Хромосфера 115

Чын төш вакыты (истинный полдень) 21
Шмидт О. Ю. 106

Эклиптика 23, 24
Эксцентриситет 44, 45

Юлиан календаре (юлианский календарь)34

Юпитер 40, 89, 91—93

Яктылыкның йолдызара йотылуы (межзвездное поглощение света) 152
Яктырткычларның кульминациядәге биеклеге (высота светил в кульминации) 21
Яктырткычларның тәүлеклек хәрәкәте (суточное движение светил) 19, 20

Җир (Земля) 3, 39
Җирнең атмосферасы (атмосфера Земли) 71
— магнит кыры (магнитное поле Земли) 72
— массасы (масса Земли) 57
— төзелеше (строение Земли) 70
— формасы (форма Земли) 48
— үлчәме (размер Земли) 48

ЭЧТӘЛЕК

I. КЕРЕШ

1. Астрономия фәне 3

1. Астрономия нәрсә өйрәнә. Астрономиянең башка фәннәр белән бәйләнеше, аның әһәмияте 3
2. Галәмнең масштаблары 4

2. Астрономик күзәтүләр һәм телескоплар 6

1. Телескоплар 6
2. Астрономик күзәтүләрнең үзенчәлекләре 9
3. Сезнең күзәтүләрегез 11

II. АСТРОНОМИЯНЕҢ ПРАКТИК НИГЕЗЛӘРЕ

3. Йолдызлыклар. Йолдыз карталары. Күк координаталары . 12

1. Йолдызлыклар 12
2. Йолдызларның күренмә яктырышы һәм төсе . . . 13
3. Күк йөзенең тәүлеклек күренмә әйләнеше. Күк сферасы . 15
4. Йолдыз карталары һәм күк координаталары 17

4. Астрономик күзәтүләрдән чыгып географик киңлекне билгеләү 19

1. Дөнья полюсының горизонттан биеклеге 19
2. Төрле киңлекләрдә яктырткычларның тәүлеклек хәрәкәте 19
3. Яктырткычларның кульминациядәге биеклеге 21

5. Эклиптика. Кояш белән Айның күренмә хәрәкәте 23

6. Айның хәрәкәте. Кояш һәм Ай тотылу 27

1. Ай Фазалары 27
2. Ай һәм Кояш тотылу 29

7. Вакыт һәм календарь 33

1. Төгәл вакыт һәм географик озынлыкны билгеләү . . . 33
2. Календарь 34

III. КҮК ҖИСЕМНӘРЕНЕҢ ХӘРӘКӘТЕ

8. Дөньяга фәнни караш өчен көрәш 36

9. Кояш системасының составы һәм масштаблары 39

10. Планеталарның конфигурацияләре һәм күренү шартлары 40

1. Планеталарның конфигурацияләре 40
2. Планеталар әйләнешенең синодик периоды һәм аның сидерик период белән бәйләнеше 42

11. Кеплер законнары 44

12. Кояш системасындагы җисемнәргә кадәр ераклыкны һәм аларның үлчәмнәрен билгеләү 46

1. Ераклыкларны билгеләү 46
2. Җирнең үлчәме һәм формасы 48
3. Параллакс. Астрономик берәмлекнең кыйммәте . . . 49
4. Яктырткычларның үлчәмен билгеләү 51

13. Күк җисемнәренең тартылу көче тәэсирендә хәрәкәте . . . 52

1. Космик тизлекләр һәм орбиталарның формасы . . . 52
2. Планеталар хәрәкәтендәге тайпылышлар 54
3. Нептун планетасын ачу 55
4. Күтәрелешләр 56
5. Җирнең массасы һәм тыгызлыгы 57
6. Күк җисемнәренең массасын исәпләү 58

IV. АСТРОФИЗИК ТИКШЕРҮ ЫСУЛЛАРЫ

14. Күк җисемнәренең электромагнитик нурланышын тикшерү. Спектрлары буенча күк җисемнәренең физик үзлекләрен һәм хәрәкәт тизлекләрен билгеләү 60

1. Обсерваторияләр 60
2. Радиотелескоплар 61
3. Спектраль анализны куллану 62
4. Атмосферадан читтәге астрономия 68

V. КОЯШ СИСТЕМАСЫНДАГЫ ҖИСЕМНӘРНЕҢ ФИЗИК ТАБИГАТЕ

15. Планеталарның гомуми характеристикасы. Алар табигатенең физик бәйлелеге 69

16. Җир планетасы 70

1. Төзелеше 70
2. Атмосфера 71
3. Магнит кыры 72
4. СССРның космик пространствоны тынычлык максатларында үзләштерүдәге казанышлары һәм халыкара хезмәттәшлеге 74

17. Ай — Җирнең табигый иярчене 76

1. Айдагы физик шартлар 76
2. Рельефы 77

18. Җир төркемендәге планеталар 82

1. Меркурий 82
2. Венера 83
3. Марс 85

19. Гигант планеталар 89

1. Гигант планеталарның үзенчәлекләре 89
2. Планеталарның иярченнәре һәм боҗралары 91

20. Кояш системасындагы кечкенә җисемнәр 95

1. Астероидлар 95
2. Болидлар һәм метеоритлар 96

3. Кометалар. Кометаларны ачу һәм аларның хәрәкәте . . 99
4. Кометаларның физик табигате 100
5. Метеорлар һәм метеор агышлары 102
21. Кояш системасы — барлыкка килүләре бертөрле булган җисемнәр комплексы 105

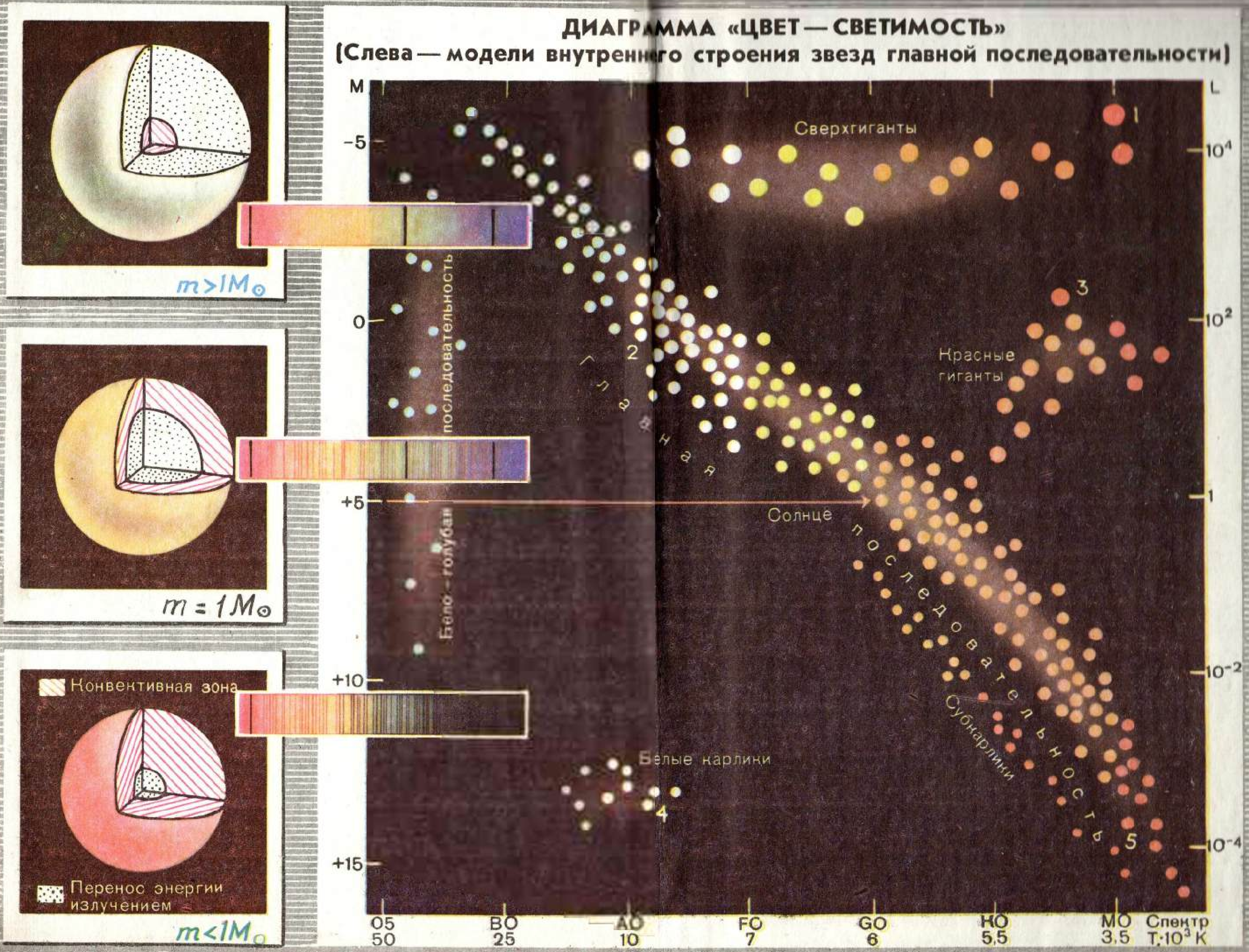
VI. КОЯШ ҺӘМ ЙОЛДЫЗЛАР

22. Кояш — иң якын йолдыз 110
1. Кояшның энергиясе 110
2. Кояшның төзелеше 111
3. Кояш атмосферасы һәм Кояш активлыгы . . . 114
4. Кояш — Жир бәйләнешләре 118
23. Йолдызларга кадәрге ераклыкны билгеләү. Аларның төп характеристикалары 120
1. Еллык параллакс һәм йолдызларга кадәр ераклык . 120
2. Күренмә һәм абсолют йолдызча зурлык. Йолдызларның яктыртучанлыгы 122
3. Йолдызларның төсе, спектры һәм температурасы . . 124
24. Йолдызларның массалары һәм үлчәмнәре 126
1. Куш йолдызлар. Йолдызларның массалары 126
2. Йолдызларның үлчәмнәре. Аларның матдәләренең тыгызлыгы 132
25. Үзгәрешле һәм стационар булмаган йолдызлар . . . 135
1. Цефеидлар 135
2. Яңа йолдызлар 137
3. Иң яңа йолдызлар 138
26. Йолдызлар дөньясындагы иң мөһим үзенчәлекләр. Йолдызларның эволюциясе 140

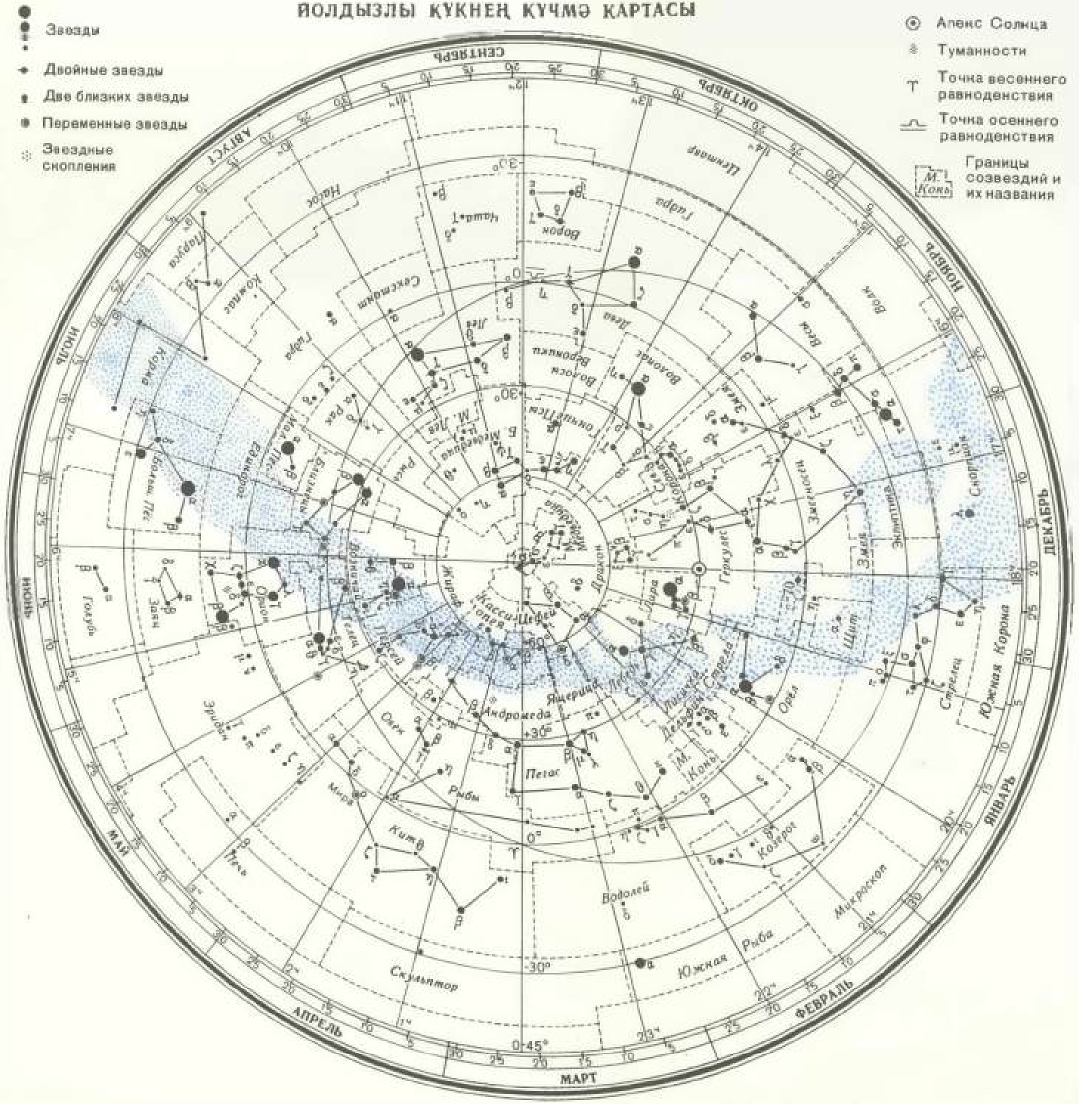
VII. ГАЛӘМНЕҢ ТӨЗЕЛЕШЕ ҺӘМ ЭВОЛЮЦИЯСЕ

27. Безнең Галактика 144
1. Киек Каз Юлы һәм Галактика 144
2. Йолдыз тупланышлары һәм ассоциацияләре 147
3. Галактикада йолдызларның хәрәкәтләре 149
4. Кояш системасының хәрәкәте 150
5. Галактиканың әйләнүе 151
28. Чәчелмә (диффуз) материя 152
1. Йолдызара тузан һәм газ 152
2. Йолдызларның барлыкка килүе 155
3. Нейтраль-водород һәм молекуляр газ 156
4. Магнит кыры, космик нурлар һәм радионурланыш . 157
29. Башка йолдыз системалары — галактикалар 158
1. Галактикаларның төп характеристикалары 158
2. Радиогалактикалар һәм квазарлар 165
30. Дөньяның материалистик картинасы 166
1. Метагалактика һәм космология 166
Кушымталар 171
Күнегүләргә җаваплар 185
Атамалар һәм исемнәр күрсәткече 186

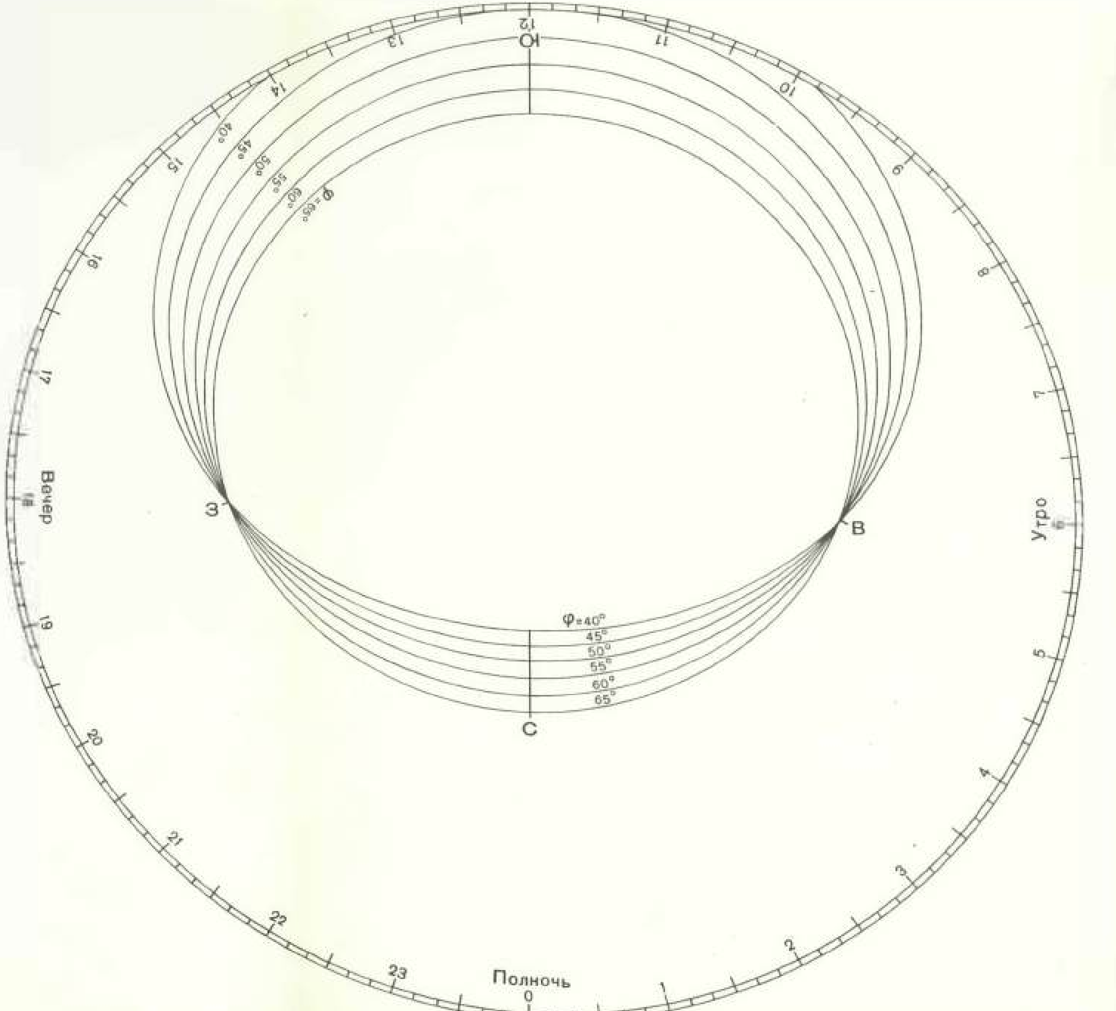
ДИАГРАММА «ЦВЕТ — СВЕТИМОСТЬ»
(Слева — модели внутреннего строения звезд главной последовательности)



ЙОЛДЫЗЛЫ КҮКНЕҢ КҮЧМӘ КАРТАСЫ



ЙОЛДЫЗЛЫ КҮК ЙӨЗЕ КАРТАСЫНА КУЕЛМА ТҮГӘРӘК



1 сум 90 тиен

Учебное издание

Борис Александрович Воронцов-Вельяминов

АСТРОНОМИЯ

Учебник для 11 класса

(перевод с русского на татарский язык)

ИБ № 6311

Редакторы *З. Х. Билалова, Ф. М. Хафизова.* Художество редакторы *Л. С. Золондинова.* Техник редакторы *Ф. Х. Абдрахманова.* Корректорлары *М. М. Мирсалихова, М. Ш. Хәйруллина.* Диапозитивлардан басарга кул куелды 9.09.91. Форматы 60×90¹/₁₆. 75 гр. офсет кәгазе № 2. «Литературная» гарнитурасы. Офсет басма. Шартлы басма табагы 12,0+ рәс. 0,5+ форзац 1,25. Шартлы буяу-оттиск 50,25. Нәшер-хисап табагы 11,46+ рәс. 0,19+ форзац 0,4. Тиражы 12 000 экз. Заказ К-382. Бәясе 1 сум 90 тиен. Татарстан китап нәшрияты. 420111. Казан, Бауман ур., 19. Татарское книжное издательство, 420111. Казань, ул. Баумана, 19. ТССР Информация һәм матбугат министрлыгының Камил Якуб исемендәге полиграфия комбинаты. 420111. Казан, Бауман ур., 19.